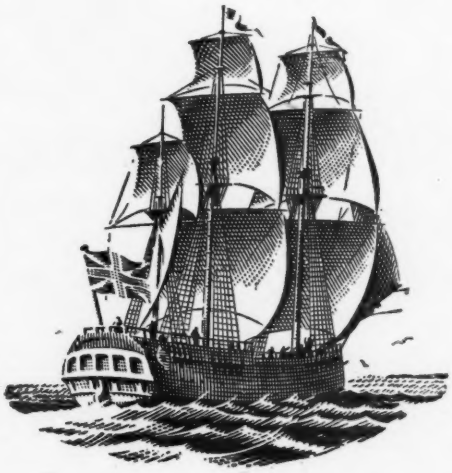
ENDEAVOUR

Una revista trimestral designada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad



VOLUMEN II · 1943

Endeavour

VOLUMEN II · 1943

RESUMEN DE ARTICULOS arreglados alfabéticamente bajo autores

Autor	*Artículo*	*Página*
ALDINGTON, J. N.	La evolución de la lámpara eléctrica	62
ARTICULOS DE FONDA	Los antecedentes del siglo XVII	2
	La ciencia después de la guerra	83
	Ciencia y política	1
	Quimioterapia	41
	El sonido	123
BRAGG, SIR LAWRENCE	Metales	43
BRITTON, H. T. S.	La determinación electrométrica del *p*H y algunas de sus aplicaciones	148
BULLARD, E. C.	El campo de gravitación terrestre	105
CRANE, M. B.	Las plantas cultivadas en el pasado, presente y futuro	110
DAVIS, T. L.	Los orígenes chinos de la alquimia	154
FERGUSON, A.	La tensión superficial y su medida	34
FRITSCH, F. E.	Bosques del mar	142
GORDON, W. T.	Aspecto químico de las piedras preciosas	99
HADDOW, A.	La producción del cáncer por medio de compuestos químicos	26
IMMS, A. D.	Plagas de langosta y su prevención	56
JEANS, SIR JAMES	La evolución del sistema solar	3
LEVY, L., *y* WEST, D. W.	El desarrollo y uso de las substancias luminiscentes	22
LYONS, COLONEL SIR H.	La « Royal Society » de Londres	
	Parte I^{a}	12
	Parte II^{a}	52
MATHER, K.	Selectividad de fecundación en las plantas	17
MELLANBY, LADY	La vitamina D	73
QUASTEL, J. H.	La acción de los fermentos	85
RAWLINS, I.	La ciencia al servicio de las bellas artes	93
THOMSON, SIR GEORGE	El microscopio electrónico	125
TODD, A. R.	Las drogas del cáñamo	68
WEST, D. W., *véase* LEVY, L.		
WHITTAKER, E. T.	El éter, su pasado y su presente	117

INDICE DE SUJETOS

Página

ALQUIMIA, Los orígenes chinos de la, T. L. DAVIS 154
BELLAS ARTES, La ciencia al servicio de las, I. RAWLINS 93
BOSQUES del mar, F. E. FRITSCH 142
CAÑAMO, Las drogas del, A. R. TODD 68
CANCER, La producción del cáncer por medio de compuestos químicos, A. HADDOW .. 27
CHINA, Investigaciones científicas en la 147
CHINOS, Los orígenes, de la alquimia, T. L. DAVIS 154
CIENCIA al servicio de las bellas artes, La, I. RAWLINS 93
CIENCIA después de la guerra, La, ARTICULO DE FONDA 83
CIENCIA y POLITICA, ARTICULO DE FONDA 1
COPERNICO, Nicolás, 1472–1543, H. DINGLE 136
CORRESPONDENCIA:
Lavoisier y la química contemporánea británica, D. MCKIE 84
El puesto de los hombres de ciencia en la comunidad,
SIR R. PICKARD, ALEX. FINDLAY, *y* SIR LAWRENCE BRAGG .. 124
J. B. S. HALDANE 141
DROGAS del cáñamo, Las, A. R. TODD 68
ETER, su pasado y su presente, El, E. T. WHITTAKER 117
FECUNDACION en las plantas, Selectividad de, K. MATHER 17
FERMENTOS, La acción de los, J. H. QUASTEL 85
GRAVITACION TERRESTRE, El campo de, E. C. BULLARD 105
LAMPARA ELECTRICA, La evolución de la, J. N. ALDINGTON 62
LANGOSTA, Plagas de, y su prevención, A. D. IMMS 56
LUMINISCENTES, El desarrollo y uso de las substancias, L. LEVY *y* D. W. WEST .. 22
MAR, Bosques del, F. E. FRITSCH 142
METALES, SIR LAWRENCE BRAGG 43
MICROSCOPIO electrónico, El, SIR GEORGE THOMSON 125
PESANDO la tierra 108
*p*H y algunas de sus aplicaciones, La determinación electrométrica del, H. T. S. BRITTON .. 148
PIEDRAS preciosas, Aspecto químico de las, W. T. GORDON 99
PLANTAS CULTIVADAS en el pasado, presente y futuro, Las, M. B. CRANE .. 110
PLANTAS, Selectividad de fecundación en las, K. MATHER 17
QUIMIOTERAPIA, ARTICULO DE FONDA 41
REVISTAS de libros:
Absorption Spectra, Application of, to the Study of Vitamins, Hormones and Coenzymes, R. A. MORTON 81
Biochemistry and Morphogenesis, J. NEEDHAM 81
Cathode Ray Oscillograph in Industry, W. WILSON 162
Cellulose, An Introduction to the Chemistry of, J. T. MARSH *y* F. C. WOOD 40
Chemistry and Physiology of the Vitamins, H. R. ROSENBERG 160
Chromatography, Principles and Practice of, L. ZECHMEISTER *y* L. CHOLNOKY; *traducido por* A. L. BACHARACH *y* F. A. ROBINSON 121
Colloid Science, Advances in, *redactado por* E. O. KRAEMER, F. E. BARTELL, *y* S. S. KISTLER 161
Dictionary of Science, E. B. UVAROV 161

INDICE DE SUJETOS (*continuación*)

REVISTAS de libros (*continuación*): *Página*

Entomology, Outlines of, A. D. IMMS 162
Evolution: the Modern Synthesis, J. S. HUXLEY 39
Explosives, J. READ 39
Fuel Testing, G. W. HIMUS 122
Gases, War: their Identification, etc., M. B. JACOBS 80
High Polymers, *redactado por* R. E. BURK, H. MARK, *y* G. S. WHITBY 121
Hydrogen Ions, H. T. S. BRITTON 82
Immunology, Fundamentals of, W. C. BOYD 121
Insects, Biological Control of, H. NICOL 122
Mathematics: its Magic and Mastery, A. BAKST 82
Modern Engineering, C. H. S. TUPHOLME 161
Physical Chemistry, A Treatise on, H. S. TAYLOR *y* S. GLASSTONE 122
Physics and Philosophy, SIR JAMES JEANS 80
Radio Receiver Design, Part I, K. R. STURLEY 162
Reproductive Capacity of Plants, E. J. SALISBURY 82
Science and Ethics, C. H. WADDINGTON *et al.* 162
Scientific Life, The, J. R. BAKER 40
Short-wave Wireless Communication, A. W. LADNER *y* C. R. STONER 40
Social Structure, H. A. MESS 82
Spectroscopy and Combustion Theory, A. G. GAYDON 80
Statistical Analysis in Biology, K. MATHER 122
Structure of Steel simply Explained, E. GREGORY *y* E. N. SIMONS 82
Textile Fibres under the X-rays, W. T. ASTBURY 162
Theoretical Organic Chemistry, J. B. COHEN 160
Twins and Super-twins, H. H. NEWMAN 82
Unknown Land, An, VISCOUNT SAMUEL 122
Voles, Mice, and Lemmings, C. ELTON 39
Volumetric Analysis, I: Theoretical Principles, I. M. KOLTHOFF *y* V. A. STENGER .. 161
War against Disease, M. SILVERMAN 82
War Gases: their Identification and Decontamination, M. B. JACOBS 80

«ROYAL SOCIETY» DE LONDRES, SIR H. LYONS:
Parte Iª 12
Parte IIª 52

SELECTIVIDAD de fecundación en las plantas, K. MATHER 17
SIGLO XVII, Los antecedentes del, ARTICULO DE FONDA.. 2
SISTEMA SOLAR, La evolución del, SIR JAMES JEANS 3
SONIDO, El, ARTICULO DE FONDA 123
TENSION superficial y su medida, La, A. FERGUSON 34
TIERRA, Pesando la tierra 108
VITAMINA D, La, LADY MELLANBY 73

Acabado y impreso en la Gran Bretaña en THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, para los editores*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres*, S.W.1

ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN II ENERO 1943 NUMERO 5

Ciencia y política

En un libro del que se ha hecho la crítica en las columnas de esta Revista se postula la tesis de que « sólo hay un aspecto de la política que concierne directamente a los hombres de ciencia », a saber: la libertad para proseguir sus trabajos de investigación. La creencia de que esta libertad es de una importancia básica ya se ha expresado en ENDEAVOUR, y no hacen falta pruebas de que los hombres de ciencia se den cuenta de los peligros de la intervención. Pero, afirmar que, excepto en este aspecto, los hombres de ciencia deben retraerse de la política es adoptar una posición totalmente indefensible después de los acontecimientos pasados y de las posibilidades que nos reserva el futuro. Descansa ello en el supuesto tácito pero infundado de que las ciencias son extrañas al resto de las actividades humanas y que hay grandes regiones en que los métodos científicos no son, ni serán nunca aplicables.

Tales supuestos son pusilánimes y pesimistas. Si hay algo que la ciencia ha demostrado inequívocamente, es que el mundo entero de los fenómenos, incluyendo la naturaleza humana, puede llegar a hacerse racional en carácter y homogéneo con aquellas partes de él, relativamente pocas todavía, que ya han sido investigadas por métodos científicos. Con cada avance de la ciencia entran numerosos fenómenos en conjunto armonioso con aquellos previamente integrados, y no hay prueba alguna de que este proceso esté llegando a su fin. Por el contrario, cada vez está siendo más intensificado. Ciertamente, falta mucho todavía para que la psicología sea una ciencia exacta, para que la ética llegue a tener un aspecto científico, aunque sea rudimentario, y para que las políticas interior e internacional estén inspiradas por los métodos científicos. Pero todo tiende a demostrar que, por remoto que esté dicho fin, no es imposible; y retroceder ante una tarea porque presente dificultades e incertidumbres futuras es indigno del espíritu y del ministerio de la ciencia.

Sin embargo, hay cuestiones más inmediatas en las cuales creemos que es evidente el deber del hombre de ciencia. En todas partes del mundo, hombres y mujeres están profundamente descontentos con la actual organización gubernamental. Observan que existe una ignorancia o indiferencia hacia aquellos principios del conocimiento que, en los últimos doscientos años, han producido más « verdad demostrable » que la que pudo acumularse durante toda la existencia anterior del hombre. Ven una premeditada deformación de los hechos, la opinión pública influída por el prejuicio o el sentimiento, decisiones importantes hechas sobre la base de información deficiente y frecuentemente errónea. Ven poca ecuanimidad para juzgar, poco de ese propósito de inflexibilidad para avanzar paso a paso de lo conocido a lo desconocido, poca represión del factor personal al establecer conclusiones a partir de los datos obtenidos. No cabe duda de que son éstas razones evidentes y urgentísimas para la acción. Si los hombres de ciencia se apartan de la política, en la que perciben tantos errores que podrían contribuir a subsanar, ello equivale a negar la levadura que podría hacer fermentar toda la masa.

Las condiciones actuales añaden importancia a otro aspecto del problema. Vemos con pena que los dones de la ciencia están pervirtiéndose en servicio de la muerte y la destrucción. La alegación hecha a menudo por los hombres de ciencia de que no son responsables del uso hecho del conocimiento científico, no puede aceptarse en su integridad. Es sincero, pero evade un problema esencial. Los hombres que crean conocimientos de gran poder, para el bien o para el mal según su aplicación, tienen la responsabilidad especial de hacer todo lo posible en favor del bien y en contra del mal. Esta responsabilidad no puede quedar cumplida si los hombres de ciencia se contentan meramente con estar en el mundo, sin preocuparse de más.

Los hombres de ciencia no son los únicos con deseos de que se les deje en tranquilidad para seguir sus trabajos. Pero está dentro de su capacidad el contribuir al bienestar común de una manera única, tanto en su calidad presente como en sus potencialidades para el futuro. Resulta, pues, claro que antes de resolverse a permanecer fuera de la vida política de su tiempo, el hombre de ciencia debe plantearse a sí mismo la cuestión de si tal acción es consistente con el desempeño de todos sus deberes para con la humanidad.

Los antecedentes del siglo XVII

La *Royal Society* de Londres, cuya historia por el Coronel Sir Henry Lyons aparece en este número de ENDEAVOUR, mantiene su puesto con indiscutible orgullo entre todas las sociedades científicas del mundo. Fué fundada en el siglo XVII, en una época en que se realizaron adelantos de primera magnitud en la física. El comienzo del siglo se distinguió por la aparición de los primeros frutos de la reacción contra la decadente filosofía escolástica; el final quedó marcado con la publicación de los *Principia:* una obra en la que se erige el gran edificio de la dinámica clásica en una forma que, con pocas excepciones, sirve todavía para la interpretación de los fenómenos en gran escala.

La parte que tuvo el trabajo común en el desarrollo de la física del siglo XVII es muy importante. Francis Bacon fué hombre de grandes visiones, y en su Casa de Salomón, fundación que tendría por objeto el « conocimiento de las causas y del secreto del movimiento de las cosas », describe una institución utópica de investigación con un aparato imponente de talleres subterráneos, observatorios de montaña, estaciones biológicas, laboratorios de química, física y fisiología, todos a cargo de equipos de obreros intelectuales que comprenden: los Investigadores Originales, « quienes ensayan nuevos experimentos tal y como ellos mismos lo creen bien »; los Depredadores, « quienes recogen cuantos experimentos se encuentran en los libros »; los Mercaderes de Luz, los Hombres del Misterio, los Recopiladores, los Benefactores, los Hombres de las Antorchas, los Inoculadores y los Intérpretes de la Naturaleza, cuyas distintas funciones dejamos que deduzca el curioso lector de acuerdo con sus denominaciones.

La *Accademia dei Lincei* de Roma, precursora en algunos de sus ideales a la Casa de Salomón, tuvo una existencia accidentada que se prolongó hasta la mitad del siglo XVII. Su sucesora, la *Accademia del Cimento* (1657–67) en Florencia, dió altura a la filosofía experimental. Todos los esfuerzos de los académicos fueron dirigidos hacia la experimentación, la creación de instrumentos, el establecimiento de patrones de medidas y de métodos exactos de investigación.

La *Accademia del Cimento* hace mucho tiempo que desapareció. Nuestra *Royal Society*, aunque pocos años más joven que aquella academia, todavía florece. Es notable que la sociedad tuviera sus primeros comienzos en la época más agitada de la historia de Inglaterra. La pugna entre el Rey y el Parlamento llegó a su momento álgido en 1642, e Inglaterra se vió envuelta en la guerra civil.

Aun a través de aquellos años de revueltas, hombres « deseosos de aprofundizar en la filosofía natural y en otras ramas del saber humano y especialmente de la que ha sido llamada Filosofía Experimental o Nueva Filosofía », se reunían en Londres y en Oxford, y sin un plan preconcebido, cosa característicamente inglesa, fueron esparciendo la simiente que se desarrolló en la *Royal Society* de Londres. ¿Existe alguna influencia en un período de guerra para que, no obstante « la interrupción de los cursos académicos en nuestras dos Universidades », la inteligencia de los hombres se halle más despierta y se aplique a la extensión del conocimiento? Puede ser una coincidencia; pero ha tenido lugar con demasiada frecuencia para que no pueda indicarse una conexión causal. Si es así, se ve una vez más que no hay mal, incluído el de la guerra, que por bien no venga.

Los trabajos y la correspondencia deberán ser enviados al director: E. J. Holmyard, c/o Imperial Chemical Industries Limited, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1. Se invita a los investigadores ocupados en trabajos de carácter interesante o importante a enviar notas breves sobre los trabajos en curso y los resultados obtenidos.

La evolución del sistema solar

SIR JAMES JEANS

El período de vida del ser humano es tan corto, que el sistema solar, si no fuera por sus fenómenos periódicos más patentes, nos parecería hoy igual que ayer y el mismo siempre. Sin embargo, se halla sujeto al cambio progresivo del universo, siendo su forma actual el resultado de edades incontables de transformación. Sir James Jeans nos ofrece una teoría interesantísima de su evolución probable.

La escena se desarrolla en el año 1751, en la casa de un noble de la Prusia oriental. El preceptor de la familia, de veintisiete años de edad, hojea un periódico de Hamburgo y se detiene ante la crítica de un libro titulado *Teoría original o nueva hipótesis sobre el Universo, fundada en las leyes naturales, y que aclara por medio de principios matemáticos los fenómenos generales de la creación visible*, del que es autor el inglés Thomas Wright de Durham.

El nombre del preceptor es Immanuel Kant. Siente especial interés por todo lo británico, asegurando ser de procedencia británica; su abuelo paterno, según afirma, era escocés y escribía su nombre « Cant ». Esto puede haber sido la causa de que dedicara mayor atención de la que era natural al libro de un inglés desconocido. Con el tiempo alcanzará la fama y será considerado como el más eminente de los filósofos alemanes, pero en la actualidad se interesa más por la ciencia que por la filosofía. Es lógico suponer que conoce los distintos ensayos realizados con objeto de explicar la creación visible en terminos matemáticos.

Existía, por ejemplo, la creencia de Platón de que la relación de las distancias entre el sol, la luna y los planetas era la de los números 1, 2, 3, 4, 8, 9, 27 — las llamadas « proporciones de los intervalos dobles ».

Dos mil años más tarde, Keplero mantenía que las distancias entre el sol y los planetas estaban determinadas de acuerdo con la geometría de los poliedros regulares. Creía que si se describían esferas alrededor del sol, cuyos diámetros fueran los de las órbitas planetarias, sus tamaños serían tales que permitirían la colocación, entre cada dos contiguas, de uno de los poliedros regulares — el cubo, tetraedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro — de manera que la esfera interior quedaría inscrita y la exterior circunscrita al poliedro.

Kant vió inmediatamente que la obra de Wright contenía algo muy diferente de esta especie de fantasía matemática. El escritor inglés, a diferencia de Platón y Keplero, no consideraba al universo astronómico como algo eternamente fijo, sino como algo cambiando sin cesar.

Kant inició sus trabajos encaminándolos a descubrir por cuenta propia cómo la operación de las leyes naturales pudo haber dado al universo astronómico su forma actual.

Cuatro años más tarde, Kant publicaba el resultado de sus meditaciones bajo el título *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, con la siguiente declaración generosa en favor de Wright: « A un inglés, Mr. Wright of Durham, estaba reservado el dar un paso afortunado con una observación que no parece haber sido utilizada por él mismo con ningún fin de importancia ». Y no habiendo leído el libro de Wright, tuvo que confesar que ni podía « definir los límites exactos » entre sus ideas y las de Wright, ni indicar en qué direcciones había superado el bosquejo de Wright y en cuales le había imitado.

Kant imaginaba el universo primitivo como una nube caótica de finas partículas de polvo y partículas mayores de materia de diversas clases, algunas en estado de reposo y otras móviles con movimiento completamente arbitrario. Sesenta años antes, Newton había supuesto un estado de cosas muy semejante, aunque no hay razón que induzca a creer que Kant conociera sus conclusiones. En una carta a Bentley, Newton había escrito:

> Tengo la creencia de que si la materia del sol y los planetas, y toda la materia de que se compone el universo, estuviese esparcida uniformemente en el espacio, si cada partícula tuviese por naturaleza la tendencia a dirigirse hacia todas las restantes, y si la totalidad del espacio por el cual está esparcida dicha materia fuese finito, la materia situada fuera de este espacio tendería a desplazarse hacia la materia del interior, cayendo, en consecuencia, en el centro de la totalidad del espacio y formando en él una enorme masa esférica. Pero si la materia estuviese uniformemente esparcida en un espacio

infinito, no podría concentrarse en una masa única; parte de ella, sin embargo, se concentraría en una sola masa, otra parte en otra, y así sucesivamente hasta que se llegasen a formar una infinidad de enormes masas, a enormes distancias unas de otras, dentro del espacio infinito. Es posible que de esta manera se hayan formado el sol y las estrellas.

Más tarde volveremos a hablar de esta segunda posibilidad, ya que representa la manera que todavía se tiene hoy de considerar la formación del sol y las estrellas; Kant, sin embargo, adoptó la primera, llegando a establecer conclusiones muy semejantes a las de Newton. Su impresión es la de que el orden va surgiendo gradualmente del caos; la materia primitiva comienza a reunirse como consecuencia de la atracción mutua entre sus partes, hasta que el centro del espacio está ocupado por un inmenso continuo que, finalmente, representará el sol. Kant creyó que por el mero hecho de reunirse la materia formando un cuerpo único, la masa resultante se pondría en rotación, pero en esto se equivocó. Supuso, además, que esta masa se enfriaría poco a poco, que al enfriarse se contraería, y que al contraerse giraría con más y más velocidad, hasta que finalmente el movimiento de rotación sería tan rápido que no podría mantenerse como un cuerpo único y saltaría en pedazos en forma análoga a como lo hace un volante impulsado con exceso. Por el ecuador del cuerpo fueron arrojadas masas de gas que al enfriarse todavía más se hicieron líquidas y después sólidas. Estas masas sólidas, según Kant, formaron los planetas, uno de los cuales es la tierra.

Cuarenta años más tarde, el insigne matemático francés Laplace desarrolló, de una manera independiente, lo que constituía prácticamente la misma hipótesis. Pero Laplace no incurrió en el error de suponer que la mera condensación de la materia podía dar lugar al movimiento de rotación de la masa nebular — ya que la rotación no puede originarse de la nada — y, así, supuso que la masa nebular se hallaba en rotación desde el principio. El enfriamiento, la contracción y el aumento en la velocidad de rotación se suceden, como en la teoría de Kant. Al aumentar la velocidad de giro, la masa se achataría, ensanchándose cada vez más por su región ecuatorial, hasta desprenderse de ella, finalmente, un anillo de materia que quedaría girando alrededor del sol; Laplace, como demostración de que este estado de cosas podía tener realidad en la naturaleza, señalaba a Saturno (figura 1) rodeado de anillos de materia. Dicho anillo de materia desprendido, pensó, se condensaría, transformándose últimamente en un planeta.

Mientras se desarrollaba este proceso, el sol central seguiría enfriándose, contrayéndose y aumentando su velocidad de giro, de suerte que al cabo de un cierto tiempo, la repetición de los mismos fenómenos tendría por resultado el nacimiento de un segundo planeta, seguido a su debido tiempo por un tercero, un cuarto y así sucesivamente. Ni siquiera aquí llegamos al final del proceso, ya que los planetas a su vez se enfriarían, contraerían y aumentarían sus velocidades de rotación, exactamente en la misma forma que el sol del que procedieron. Finalmente, llegarían a formarse familias de satélites que girarían alrededor de los planetas.

Laplace no justificó sus conjeturas con cálculos matemáticos detallados, pero una generación posterior de matemáticos los ha proporcionado, demostrando que todos los procesos imaginados por Laplace se ajustan bastante bien a la realidad, siempre que se hayan cumplido las dos condiciones siguientes: que la nebulosa original tuviera una extensión suficientemente grande y que hubiera sido dotada de un movimiento de rotación inicial suficiente. La primera condición se cumple en las grandes nebulosas extra-galácticas (figuras 2, 3 y 4). En el caso de una estrella ordinaria, sin embargo, la condición no se cumple. Las proporciones son tan insuficientes que los factores que considera Laplace no pueden dejar sentir su influencia, y cuando la estrella se desmiembra, debido a su excesiva velocidad de rotación, no tiene lugar la formación de una familia de planetas; es más probable que se desmiembre en un « sistema binario ». La segunda condición es aún más importante, ya que, según indicó Babinet en 1853, es completamente imposible que el sol la haya podido satisfacer nunca.

Esto es debido a la imposibilidad de que pueda variar el momento de la cantidad de movimiento del conjunto a través del proceso total de transformaciones.

Ahora bien, este valor ni siquiera puede haber motivado el primer paso en el proceso de desmembración de Laplace. Si reconstruimos la nebulosa primitiva, fundiendo en una sola masa todos los cuerpos del sistema solar, y la dotamos de esta cantidad de rotación, nos encontraremos con el caso de una masa que gira con tan majestuosa lentitud que su forma es casi exactamente esférica.

Las investigaciones recientes han confirmado plenamente el fundamento de esta objeción, y

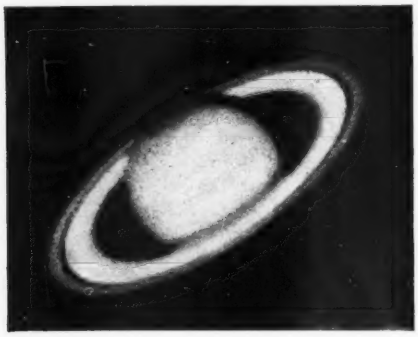


FIGURA 1 – *Saturno con los anillos que le circundan. Laplace creía que del sol se habían desprendido anillos similares que, finalmente, se habían condensado para formar los planetas actuales.*

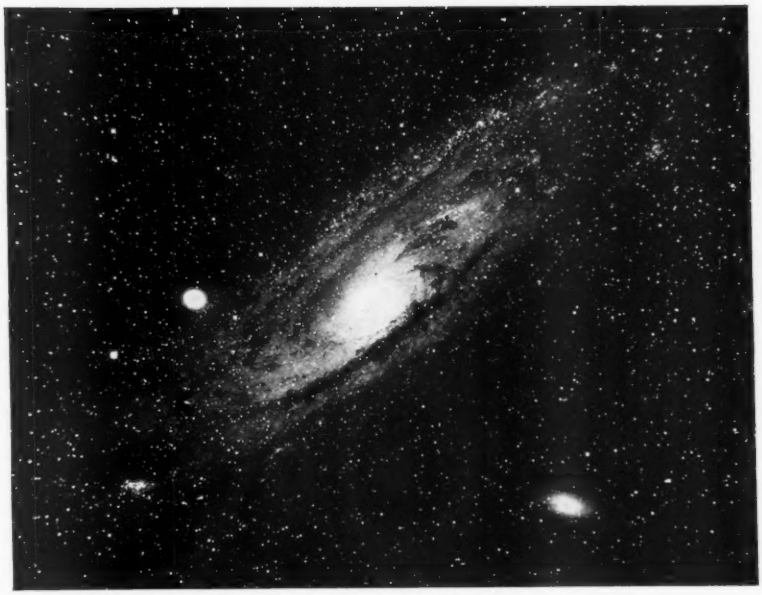


FIGURA 2 – *La Gran Nebulosa de Andrómeda. Es una de las más próximas de las nebulosas extra-galácticas. Tiene, aproximadamente, el mismo tamaño y la misma masa que nuestro propio sistema de estrellas limitado por la Vía Láctea, y contiene materia suficiente para poder formar alrededor de 100.000 millones de estrellas como nuestro sol. La mayor parte de esta nebulosa parece haberse condensado ya en estrellas, habiéndose reconocido en ella muchos de los tipos — novas, estrellas variables, estrellas gigantes y super-gigantes — que nos son familiares en nuestro propio sistema.*

FIGURA 3 – *La nebulosa extragaláctica N.G.C. 4594 de Virgo. Aquí se ve la masa aplastada central rodeada por una capa de materia más fría — o al menos más obscura — en el plano ecuatorial de la nebulosa.*

FIGURA 4 – *La nebulosa extra-galáctica N.G.C. 7267. Es probable que sea físicamente semejante a las nebulosas mostradas en las figuras 2 y 3, pero se la ve en una dirección perpendicular a su plano ecuatorial. La materia de este plano ha formado ya condensaciones que darán lugar o, más probablemente, han dado ya lugar a cúmulos de estrellas.*

FIGURA 5 – *Una enorme protuberancia solar fotografiada por Evershed. La teoría planetesimal supone que en alguna época pasada se produjeron en el sol protuberancias mucho mayores que se desprendieron y condensaron en pequeños cuerpos sólidos, por agregación de los cuales se formaron los planetas actuales.*

han demostrado que se puede aplicar, no solamente a las teorías de Laplace, sino a cualquier otra que atribuya la génesis de los planetas a una sola estrella; se ve hoy con claridad más que suficiente que tuvieron que ser dos los cuerpos envueltos, que los planetas tienen que haber tenido padre y madre.

Esta hipótesis ha sido expuesta frecuentemente sin tener en cuenta otra cosa que las ventajas que presenta. En 1750, Buffon imaginaba que el origen del sistema solar podía haber sido debido al choque entre el sol y un cometa, por el que se produjeron salpicaduras de gas solar que al condensarse llegaron a formar los planetas actuales. En 1860, el novozelandés Bickerton propuso una teoría semejante, reemplazando el cometa de Buffon por una estrella y el violento choque de frente por un choque casi tangencial, como resultado del cual la estrella de paso separó del sol ciertas partes que por la naturaleza misma del choque quedaron girando en el espacio. En los últimos años, Jeffreys, de Cambridge, ha venido a adoptar la misma serie de ideas.

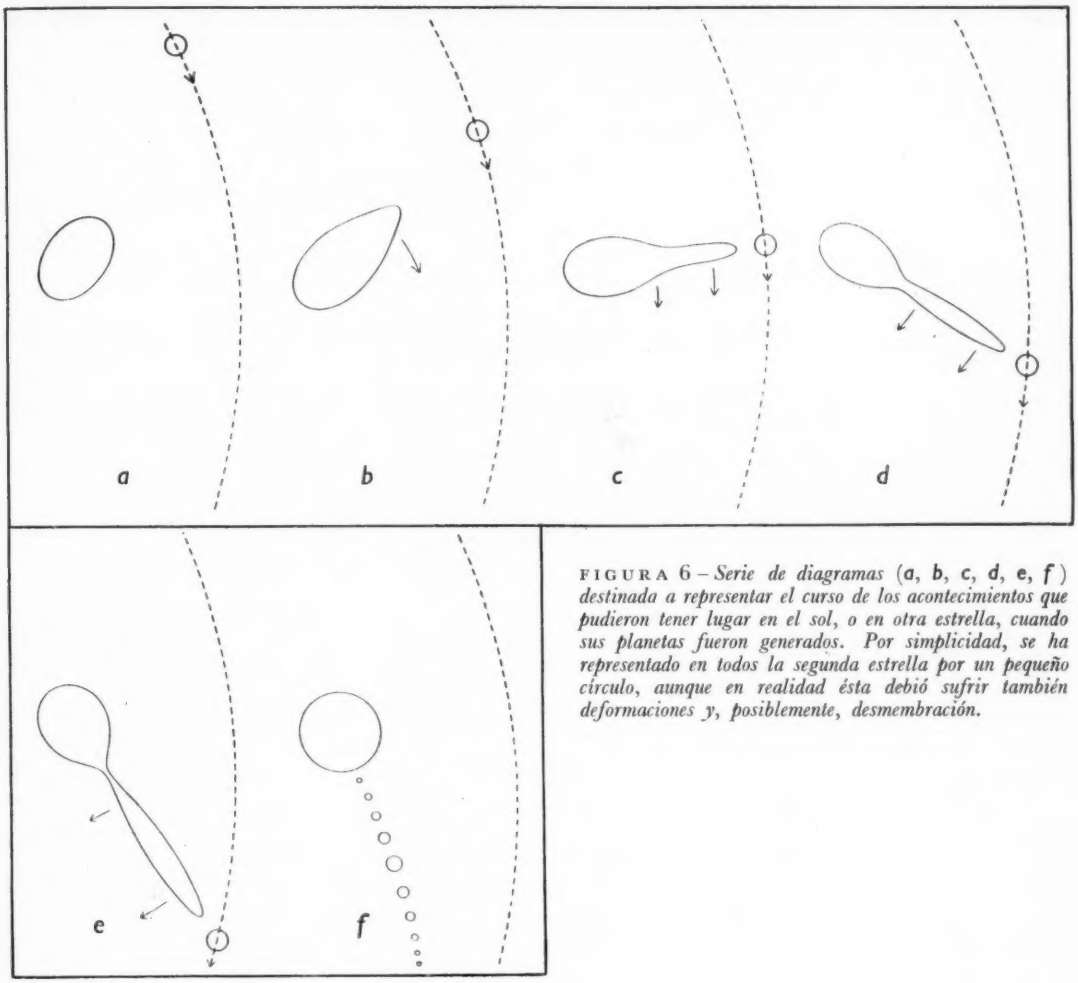
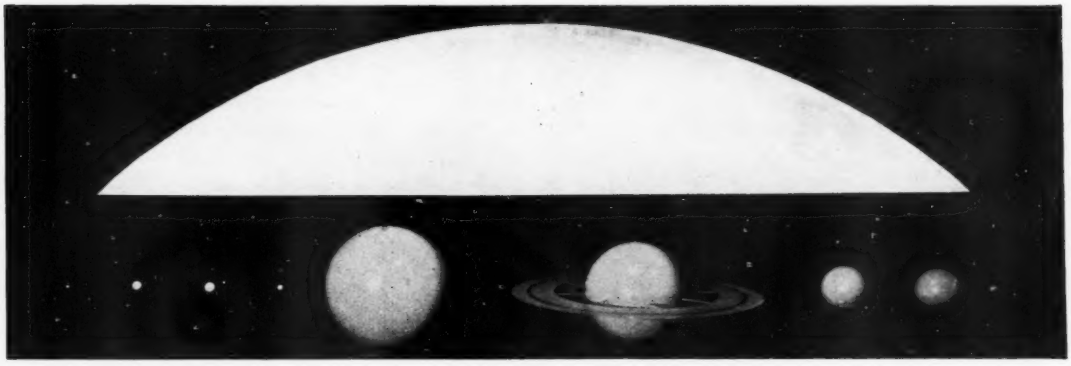


FIGURA 6 – *Serie de diagramas (a, b, c, d, e, f) destinada a representar el curso de los acontecimientos que pudieron tener lugar en el sol, o en otra estrella, cuando sus planetas fueron generados. Por simplicidad, se ha representado en todos la segunda estrella por un pequeño círculo, aunque en realidad ésta debió sufrir también deformaciones y, posiblemente, desmembración.*

FIGURA 7 – *Los planetas dibujados a escala sin tener en cuenta más que su tamaño. El segmento superior representa parte del sol en la misma escala. Si se supone al sol colocado en el extremo de la izquierda, los planetas se suceden entonces en su propio orden: Mercurio, Venus, la Tierra (con la Luna), Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.*



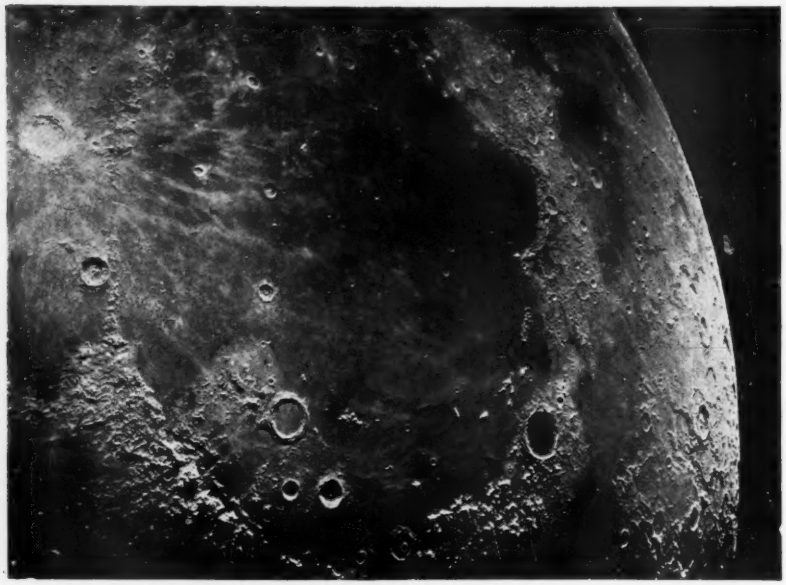


FIGURA 8 – *Parte de la luna, mostrando el producto final de la condensación de una masa de gas a elevada temperatura. Los cráteres y agujeros de escape que cubren la superficie son prueba de antiguas erupciones de materia del interior a alta temperatura.*

Sin embargo, una seria dificultad se presenta con todas las teorías de este tipo. Los dos planetas gigantes, Júpiter y Saturno, poséen cada uno extensos sistemas de satélites, constituyendo cada planeta con sus satélites una reproducción casi exacta, en miniatura, del sistema principal del sol y los planetas. Los sistemas del sol, Júpiter y Saturno se asemejan tanto entre sí que parece imposible atribuirles orígenes diferentes. Sin embargo, a duras penas podemos suponer que los tres sistemas hayan sido formados por colisiones tangenciales; una colisión que no consista en otra cosa que en una rozadura es un suceso altamente improbable, así que cualquier teoría que requiera tres parece, ciertamente, un poco inadmisible.

En 1898, un matemático de Cambridge, W. F. Sedgwick, consideró la posibilidad de que, sin choque alguno con el sol, el segundo cuerpo pudiera producir planetas por las perturbaciones de naturaleza gravitacional creadas en el sol. Yo expuse la misma idea en 1901. En 1904, Chamberlin y Moulton, de la Universidad de Chicago, sugirieron independientemente la misma posibilidad y con mucho mayor detalle de lo que yo lo había hecho.

Estos imaginaban que en alguna edad remota del pasado el sol había estado sujeto a erupciones de la clase de las que ahora se presentan como protuberancias solares (figura 5), pero de mucha mayor intensidad. Mientras el sol se hallaba en este estado, una estrella errabunda pasó al azar muy próxima a él. Su acción gravitacional intensificó las erupciones solares, provocando la emisión de masas de gas con tal velocidad que hasta abandonaron la atmósfera solar y, finalmente, se condensaron en forma de cuerpos sólidos en el espacio. Pero esta teoría adolece del defecto de que las masas de gas a alta temperatura nunca se condensarían en cuerpos sólidos; la presión interna del gas las obligaría a expandirse y no harían otra cosa que difundirse por el espacio.

En 1916, yo traté de deducir la serie de fenómenos que se producirían cuando una segunda estrella se acercara suficientemente al sol, y encontré que la acción gravitacional de la segunda estrella podía bastar por sí misma para arrancar al sol una parte de su masa y dar lugar a una familia de planetas. El proceso es, brevemente, como sigue:

Del mismo modo que la proximidad de la luna levanta mareas en nuestra atmósfera, en nuestros océanos e incluso en la parte sólida de la tierra, la estrecha aproximación de una estrella provocaría mareas en el sol gaseoso. Pero éstas serían muy diferentes de las mareas minúsculas que la luna levanta en la tierra. Estas son minúsculas, en parte porque la luna es mucho más pequeña que la tierra, y en parte porque se encuentra a una distancia relativamente grande. Pero una segunda estrella de masa igual, por lo menos, a la del sol, acercándose a éste a la distancia de dos o tres

radios, produciría efectos gravitacionales que serían inmensos. El cálculo demuestra que, en lugar de la suave elevación de superficie que observamos en las mareas terrestres, veríamos levantarse sobre el sol, a medida que la otra estrella se acercaba, una montaña enorme que crecería casi indefinidamente, hasta terminar por lanzarse fuera como una larga lengua de gas (figura 6 (*a-d*)).

Ahora bien, toda columna de gas, con tal de que sea de dimensiones suficientemente grandes, es inestable por la entrada en operación del proceso conocido por « inestabilidad gravitacional ». La razón de ello es que a medida que las dimensiones se agrandan aumenta en importancia la intervención de la atracción mutua de las partículas del gas; ésta hace que el gas se concentre todavía más fuertemente alrededor de los puntos en los cuales la densidad se encuentre por encima del valor medio, y esto por muy ligero que sea el exceso de densidad. Así, cuando en una columna de gas de tamaño astronómico aparezcan irregularidades de densidad, éstas continuarán aumentando hasta que la mayor parte del gas o todo él quede congregado alrededor de los diversos núcleos de condensación. Esta es una versión en pequeña escala del segundo de los dos procesos descritos por Newton en la carta ya citada, proceso al que la teoría gravitacional atribuye el origen de los planetas. Es posible calcular lo que serían las masas de las condensaciones formadas bajo cualquier grupo de condiciones físicas determinadas, y así se encontraría que las que resultaron del sol deformado por acción gravitacional tenían, poco más o menos, las masas de los planetas actuales.

Antes de que estos núcleos de condensación comenzaran a formarse en la columna de gas solar, ésta debió tener la forma de un cigarro o un torpedo, una de cuyas puntas representaría el pico de la montaña de marea, y la otra los últimos filamentos de materia que dejaron el sol cuando el tirón gravitacional de la estrella que se alejaba iba cesando de tener efecto (figura 6 (**e**)). Y cuando las condensaciones se formaron tendríamos que esperar que las de mayor masa se encontraran cerca del medio de la columna, donde la materia había sido más abundante, y las de masa menor en los extremos, donde la materia había sido más escasa. Si, realmente, los planetas son los restos de tales condensaciones, deberíamos encontrar a los planetas de masa mayor ocupando posiciones próximas al centro de la serie, con los planetas más pequeños en la parte más cercana y en la más alejada del sol. Esto es precisamente lo que encontramos. Júpiter, el mayor de todas los planetas en masa y volumen, ocupa la posición media de la serie, y a medida que nos apartamos de él, en cualquiera de los dos sentidos, los planetas van disminuyendo, tanto en volumen como en masa, hasta que llegamos a Mercurio en un extremo y a Plutón en el otro (figura 7).

Estos planetas se mueven hoy en órbitas casi circulares, aunque sabemos que esto es el resultado de haber ido labrando su camino durante miles de millones de años a través de los restos de gas y polvo dejados por el cataclismo al que deben su existencia. Pero podemos suponer que al principio, cuando empezaron a existir como masas separadas, sus órbitas eran de clases y formas cualesquiera, sin mostrar, posiblemente, mucha más regularidad que la de hallarse todas situadas en un plano, el plano en el que se había movido la estrella por la que fueron generados. En estas circunstancias, pudo suceder que un planeta pasara tan cerca del sol que fuera desmembrado por su tirón gravitacional, del mismo modo que su sol padre lo había sido antes. Incluso la masa gigante de Júpiter podría bastar para desmembrar un planeta que se acercara suficientemente a ella. Podemos, pues, imaginar que de maneras semejantes a ésta se formaron los sistemas de satélites, así como también la nube de asteroides que ocupa la laguna planetaria entre Marte y Júpiter.

Es lógico suponer que los planetas recién creados fueron enfriándose paulatinamente, liquidándose total o parcialmente y, por último, solidificándose. Pudo ocurrir que algunos de ellos formaran satélites mientras se hallaban todavía en estado gaseoso, y que otros no lo hicieran hasta después de haberse liquidado o incluso solidificado. De una manera general, los planetas mayores fueron los que tuvieron mayor probabilidad de generar sus satélites mientras estaban todavía gaseosos, pues ellos son los que debieron enfriarse con mayor lentitud y, por tanto, los que permanecieron más largo tiempo en este estado. Resulta así que el proceso mediante el cual estos planetas dan origen a satélites es semejante al proceso por el cual salieron ellos del sol, y, en consecuencia, habría de ser de esperar que produjeran sistemas que fueran reproducciones en pequeña escala del propio sistema solar. Pero la cuestión es diferente cuando se trata de un planeta que se encuentra ya líquido o sólido; el estudio matemático del problema demuestra que los satélites producidos por un planeta de éstos habrán de ser menores en número, pero mayores en comparación con el

planeta padre. El planeta gaseoso produce muchos satélites pero pequeños, mientras que el líquido produce pocos y grandes.

Esto explica exactamente lo que se encuentra en el sistema solar. Los dos planetas mayores, Júpiter y Saturno, enfriándose muy lentamente, es casi seguro que se hallaran todavía en estado gaseoso cuando se originaron sus sistemas de satélites, y éstos, como ya hemos visto, son reproducciones casi exactas del sistema del sol. Pero de los planetas pequeños, unos no tienen satélites, mientras que los otros, aunque los tienen, son pocos en número y de tamaño relativamente grande, lo cual es justamente el tipo de familia que sería de prever para los planetas que en gran parte eran líquidos ya cuando sus satélites nacieron.

El planeta de transición entre un tipo y otro de sistema de satélites está constituído por Marte en un sentido y por Urano en el opuesto. Esto hace pensar que Marte y Urano fueron los más pequeños de los planetas que permanecieron gaseosos durante algún espacio de tiempo. Si así fué, podríamos explicar otra característica del sistema solar, a saber: la pequeñez anormal de estos dos planetas, tanto en tamaño como en masa, cuando se consideran sus posiciones en la sucesión ordenada de planetas. Pues, si estos permanecieron gaseosos durante un tiempo considerable, es evidente que, por su menos fuerte poder de atracción, debieron perder más que los planetas mayores por disipación de sus capas exteriores en el espacio. Así, puede muy bien suceder que no sean nada más que restos de masas en otro tiempo mucho mayores, y si pudiéramos restaurar sus atmósferas primitivas es posible que encontráramos en la sucesión ordenada de planetas que éstos iban decreciendo regularmente, tanto en tamaño como en masa, a medida que nos alejáramos del centro, ocupado por el gigante Júpiter.

Tal es la teoría gravitacional de la evolución del sistema solar. Está basada sobre *verae causae;* las mareas tienen realidad en la naturaleza, de suerte que algunos sistemas planetarios tienen que haberse originado de la manera que ella supone. En cuanto a la cuestión de si la teoría es aplicable, en particular, a nuestro propio sistema planetario, lo único que cabe decir es que con ella parecen explicarse un gran número de las características observadas en el sistema; demasiadas para que el acuerdo sea puramente accidental.

Pero la teoría gravitacional no ocupa más que una esquina del lienzo sobre el cual tratamos de pintar la evolución del universo como un todo.

Imaginemos con Newton y Kant que el universo ha salido del caos, y tratemos de reconstruir el caos primitivo imaginando que la materia total del universo se hallaba uniformemente repartida por el espacio. En el momento actual, la materia está lejos de hallarse uniformemente repartida, ya que la mayor parte de ella se encuentra formando, por agregación, unidades separadas, a las que denominamos « galaxias ». Bajo esta denominación se hallan comprendidos nuestro propio sistema de estrellas, limitado por la Vía Láctea, y un vasto número de entidades semejantes que reciben el nombre de nebulosas « extra-galácticas » (figuras 2, 3 y 4). Estas nebulosas son vastos agregados de estrellas, conteniendo cada una aproximadamente la misma cantidad de materia que la que representan 100.000 millones de estrellas semejantes a nuestro sol.

La distancia media entre las galaxias es probable que sea de un millón de años de luz, lo cual quiere decir que la cantidad media de materia por metro cúbico de espacio es aproximadamente la de 200 átomos de hidrógeno o la de un átomo de mercurio.

Si pudiéramos distribuir toda la materia del universo actual de una manera uniforme por la totalidad del espacio presente, ésta sería la densidad de materia que obtendríamos. Pero no hay que suponer que el caos primitivo de hace quizás 3.000 millones de años tuviera la misma densidad, pues parece probable que el espacio se halle en expansión, aumentando de dimensiones con tal celeridad que al cabo de los 3.000 millones de años transcurridos su volumen ha debido hacerse cien veces mayor. Si suponemos que la materia primitiva no ocupaba más que la centésima parte de su espacio actual, con lo que su densidad era cien veces mayor que la densidad media de hoy, y si suponemos además que estaba constituída principalmente por electrones libres a una temperatura no muy alejada de la del punto de fusión del hielo, nos encontraremos con que al operar la inestabilidad gravitacional la materia se disgrega en condensaciones, cada una de las cuales contendrá la misma cantidad de materia que una galaxia media. He aquí, pues, una interpretación muy sencilla de la existencia de estas galaxias aisladas. Naturalmente que no podemos estar seguros de que entraron en existencia a la manera que acabamos de describir, pero, como antes, parece improbable que el acuerdo entre la teoría y la observación pueda ser meramente accidental.

Ya hemos hablado de que la forma que tienen estas galaxias es precisamente la que adoptaría

una masa de gas puesta en rotación, y en muchas de ellas, en efecto, la rotación puede ser observada por métodos espectroscópicos. Parece, así, probable que la mayoría se hallen en estado de rotación, y aunque no sabemos cómo se inició este movimiento, es claro que las corrientes en la materia original pudieron terminar por establecer una rotación lenta, que fué intensificándose a medida que la nebulosa se contrajo. Esto conduciría a las consecuencias previstas por Laplace, de suerte que no es extraño que las formas de las nebulosas hayan resultado adaptadas al proceso descrito por él.

En algún momento de este proceso fué despedida una capa delgada de materia que quedó yaciendo y girando lentamente en el plano ecuatorial de la nebulosa (figura 3). Aquí, de nuevo, la inestabilidad gravitacional tuvo que entrar en operación; la capa de gas debió disgregarse en condensaciones, y el cálculo demuestra que estas tuvieron que ser de masa estelar. Podemos, pues, suponer que de esta manera se formaron las estrellas.

Esto nos lleva nuevamente a aquella esquina del cuadro que ya describimos. Las recién nacidas estrellas se contraen hasta dar lugar, finalmente, a las estrellas de la clase que nosotros conocemos; en ocasiones, un par de ellas pasan tan cerca la una de la otra que por su atracción mutua se origina un sistema planetario. El proceso de contracción tiene que ser extraordinariamente rápido; durante largo tiempo se creyó que debió ser tal su rapidez que no hubo, prácticamente, posibilidad de que se produjeran planetas mientras la contracción tenía lugar. Pero al pensar así se dejaba de tener en cuenta que las estrellas recién nacidas, con su tamaño inmenso y tenue textura, resultaban particularmente sensibles a la acción gravitacional. Cualquiera que haya podido ser el origen de nuestro sistema particular, es lógico dar por cierto que un gran número de sistemas planetarios tienen que haber sido la consecuencia de una acción semejante y que una grandísima proporción de éstos se formaron mientras sus soles se hallaban todavía en un estado semi-nebuloso; esto es una mera cuestión de cálculo estadístico. Nuestro propio sistema parece llevar consigo pruebas de haberse originado de la misma manera que esta mayoría, es decir, mientras el sol se hallaba todavía en un estado semi-nebuloso. Pues con ninguna otra hipótesis puede explicarse la inmensa extensión del sistema; si los planetas hubieran aparecido cuando el sol quedó reducido a, poco más o menos, su tamaño actual, no se habría dispuesto de fuerza alguna capaz de sacar materia del sol para llevarla a describir la órbita del lejano Plutón, ni para hacer girar los planetas tan rápidamente como giran hoy.

Cuando se pensaba que los planetas habían sido producidos por masas del tamaño de las estrellas actuales, resultaba evidente que los encuentros capaces de originarlos eran acontecimientos de escasísima probabilidad, y de aquí el que se llegara a la conclusión de que los sistemas planetarios tenían que ser raros. Pero ahora nos encontramos con que al número de encuentros efectivos que así pudieron tener lugar habría que agregar el número muchísimo mayor de los encuentros que se produjeron cuando las estrellas eran grandes, con la consecuencia de que los sistemas planetarios tienen que ser mucho más comunes de lo que se había pensado anteriormente. Lo que le ha acontecido a nuestro sol no es el destino normal de una estrella, pero está mucho más cerca de lo normal de lo que solíamos pensar. Ha debido ser, pues, el destino de una buena proporción de ellas. Y como el número total de estrellas es tan grande — considerando sólo su valor mínimo, resultaría todavía mayor que el del número de briznas de césped en la superficie de la tierra — se sigue que el número total de sistemas planetarios tiene que ser casi inconcebiblemente grande. De este vasto número, millones tienen que ser reproducciones casi exactas de nuestro sistema solar, y millones de sus planetas tienen que ser reproducciones casi exactas de nuestra tierra. ¿Se ha desarrollado en ellos la vida como ha tenido lugar aquí? Y si así ha sido ¿ha seguido las mismas escabrosas sendas que nuestra vida terrenal? Todo lo que podemos hacer son conjeturas, pues la ciencia no tiene nada que decir sobre la cuestión.

La *Royal Society* de Londres

Parte Iª

CORONEL SIR HENRY LYONS

La *Royal Society* de Londres es indudablemente la sociedad científica de más renombre en el mundo, y el ser elegido miembro o miembro honorario de ella constituye una distinción muy codiciada. El Coronel Sir Henry Lyons ha estado entregado durante muchos años a la labor de hacer un detenidísimo estudio de la historia de la sociedad, de la cual fué Secretario de Relaciones con el Extranjero y, más tarde, Tesorero.

El dia 15 de julio de 1942 se cumplieron 280 años en la vida de la *Royal Society*, desde que el Rey Carlos II le otorgó su primera Carta de Incorporación. Posteriormente se ha considerado siempre como fecha de la fundación de la sociedad la de esta Carta, a pesar de que la *Philosophers' Society*, constituida oficialmente el 28 de noviembre de 1660 y nombrada seis meses más tarde, con autorización del Rey, «*The Royal Society*», llevaba 18 meses de existencia activa cuando la sociedad recibió su Carta de Incorporación.

Las causas que condujeron a la fundación de la sociedad tuvieron su origen en Inglaterra más de un siglo antes, a medida que la nueva filosofía o filosofía experimental se extendía rápidamente entre los dedicados al estudio de las ciencias naturales. Los nuevos puntos de vista en el terreno intelectual, que aparecieron en el sur y el oeste de Europa durante los siglos XV y XVI, ejercieron una influencia notable en las ideas y conocimientos del siglo XVII. Hombres como Leonardo da Vinci, Copérnico, Galileo y otros, habían llegado a la conclusión de que en el estudio de la filosofía natural se alcanza mayor seguridad en los resultados valiéndose de la investigación auxiliada con experimentos que aceptando las teorías expresadas en los escritos de los hombres de ciencia que precedieron. La nueva doctrina se divulgó ampliamente, y en Inglaterra William Gilbert de Colchester, médico de la Reina Isabel y del Rey Jaime I, hizo el estudio de los fenómenos de atracción entre imanes por medio de una serie de experimentos que le condujeron a la conclusión de que la tierra tenía que ser un inmenso imán; al mismo tiempo, William Harvey, que había estudiado en Cambridge y después en Padua, utilizó los nuevos procedimientos de observación y experimentación en las investigaciones que dieron por resultado el descubrimiento de la circulación de la sangre. En aquella época, Francis Bacon, Lord Verulam, exponía sus ideas sobre el aprovechamiento de los adelantos de la ciencia para mejorar las condiciones del género humano. Se dió amplia lectura a sus escritos en Cambridge, donde un conjunto de sabios se interesaba activamente en el éxito de la nueva filosofía. Hacia

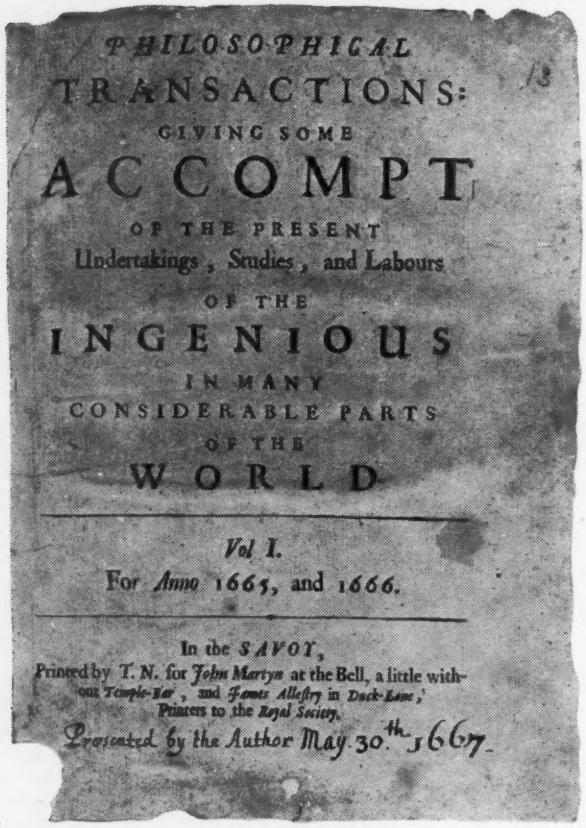
El Honorable Robert Boyle.
(*Por cortesía de la* Royal Society.)

el año 1645, algunos de los más jovenes de los que habían caído bajo la influencia de esta doctrina empezaron a reunirse en Londres con objeto de discutir los diversos problemas que necesitaban solución o, por lo menos, estudio profundo. Entre los más eminentes se encontraba el Dr John Wallis, teólogo y matemático distinguido, graduado del *Emmanuel College* de Cambridge y ordenado por la iglesia en 1640. En aquella época se hallaba en Londres, debido a las frecuentes interrupciones que sufrían los estudios en las universidades con motivo de la guerra civil entre el Rey y el Parlamento; pero esto no fué obstáculo para que él y una docena de sus amigos acordaran, siempre que fuera posible, reunirse una vez por semana con objeto de discutir temas filosóficos y realizar experimentos en el *Gresham College*. En los tres o cuatro años que siguieron, otros se unieron al grupo hasta formar el llamado Colegio Filosófico o Invisible; entre ellos se encontraban el Dr J. Wilkins, capellán del Elector Palatino; el Dr J. Goddard, médico y químico; el Dr C. Ent, amigo y partidario de William Harvey; el Honorable Robert Boyle, que acababa de regresar de Francia; el cirujano Dr W. Petty, y varios más.

Dr J. Wilkins.
(*Por cortesía de la* Royal Society.)

Hacia el año 1648, algunos de los integrantes de este pequeño grupo fueron trasladados a Oxford. El Partido Parlamentario nombró a Wilkins Rector del *Wadham College;* Goddard, después de haber sido médico en jefe de Cromwell en Irlanda y Escocia, fué nombrado Rector del *Merton College;* Wallis fué elegido para la cátedra « Savile » de Geometría; y al Doctor Seth Ward, otro de los filósofos y matemáticos de Cambridge, se le otorgó la cátedra « Savile » de Astronomía. Robert Boyle, a raíz de su regreso de Francia en 1646, se había trasladado a su residencia en el campo para continuar sus estudios de química, pero, en 1654, a solicitud de Wilkins, se estableció en Oxford, donde permaneció hasta 1668, fecha en que vino a Londres. Resultó, pues, que durante algunos años, a partir de 1649, una parte del grupo de filósofos continuó haciendo sus estudios en Oxford, pero siguió reuniéndose con sus colegas en el *Gresham College* cuando se presentaba la oportunidad.

Después de la restauración de la Monarquía, los filósofos de Oxford y Londres reanudaron sus reuniones en el *Gresham College*, y el 28 de noviembre de 1660, doce de los más entusiastas llegaron al acuerdo de formar una sociedad científica que fomentara la nueva filosofía en el país. Sir Robert Moray, que había servido bajo Carlos I y Carlos II y gozado de la confianza de ambos, fué elegido como el más apropiado entre ellos para informar al Rey Carlos II de sus proyectos y de las aspiraciones de la sociedad. Una semana más tarde vino del Palacio con la noticia de que el Rey había aprobado gustoso la idea y se hallaba dispuesto a prestarle su apoyo. Quedó, pues, constituida la *Philosophers' Society* y unos seis meses más tarde el Rey aprobaba la propuesta presentada por John Evelyn de que la nueva sociedad fuera nombrada *Royal Society*. En el otoño de 1661, los filósofos sometieron a la consideración del Rey una solicitud de Carta de Incorporación, que fué aprobada el 15 de julio de 1662, la cual constituía para ellos una salvaguardia contra los intentos de hacer desaparecer la sociedad por parte de los elementos en oposición, que pronto dieron señales de actividad. Se presentaron, sin embargo, cuestiones adicionales que los miembros quisieron incluir en la Carta, y en consecuencia rogaron al Rey les facilitara una nueva que las incorporara. Esta segunda Carta


PHILOSOPHICAL
TRANSACTIONS:
GIVING SOME
ACCOMPT
OF THE PRESENT
Undertakings, Studies, and Labours
OF THE
INGENIOUS
IN MANY
CONSIDERABLE PARTS
OF THE
WORLD

Vol I.
For Anno 1665, and 1666.

In the SAVOY,
Printed by T. N. for John Martyn at the Bell, a little without Temple-Bar, and James Allestry in Duck-Lane,
Printers to the Royal Society.
Presented by the Author May 30th 1667

Portada del primer volumen de las Philosophical Transactions.
(*Por cortesía de la* Royal Society.)

fué otorgada el 22 de abril de 1663 y por ella se ha regido siempre y aún se rige la sociedad. En ambas se encomienda la administración de la sociedad y la dirección de su política a un consejo integrado por veintiún miembros de ella, entre los que se incluyen el presidente y la ejecutiva; este consejo es el resultado de la elección que se celebra en las reuniones anuales de los miembros, en las que cada año se reemplaza a diez consejeros.

Durante los primeros 10 años la sociedad prosperó; el número de miembros ascendió a 215; en marzo de 1665 se publicó por vez primera la revista científica *Philosophical Transactions*, que inmediatamente fué considerada como la publicación más importante en su género; se organizaron reuniones semanales en las que se daba lectura y se discutían las propuestas. En ocasiones, hombres de ciencia extranjeros asistían a estas reuniones, los que invariablemente expresaban admiración por el orden y disciplina que imperaba en ellas.

Después de pasados los primeros años de actividad de la sociedad, decayó temporalmente el interés que ella despertaba; disminuyó el número de miembros y era difícil hacer frente a los gastos de publicación de la revista. Cuando, en 1686, la sociedad aceptó la obra de Sir Isaac Newton, *Principia*, y encargó su publicación, no se disponía de fondos para pagar los gastos, hasta que Edmond Halley se comprometió a proporcionar la suma necesitada. Sin duda, el período comprendido entre 1675 y el final del siglo fué uno de dificultades excepcionales. Si no hubiera sido por el celo y energía de Sir John Hoskins, uno de los vice-presidentes, y del Dr Hans Sloane, decano de los secretarios, es posible que la sociedad no hubiera podido capear el temporal. Aunque, durante el siglo XVII, el número de miembros científicos era escaso, había en él una gran proporción de hombres eminentes; entre ellos merecen citarse los nombres de los matemáticos Barrow, Wallis, Newton y Gregory ; los astrónomos Halley y Flamsteed; el físico Hooke; el químico Boyle; los médicos Glisson, Goddard, Mayow y Lower; y el naturalista Ray.

En 1696 Sir Isaac Newton fué nombrado, por recomendación de Lord Halifax, director de la Casa de la Moneda, y este puesto oficial en Londres le permitió establecer un contacto más estrecho con la sociedad y sus miembros. El enorme prestigio de que gozaba, al considerársele como la mayor autoridad en el mundo científico, hacía que fuese el más indicado para la presidencia de la sociedad, pero era bien sabido de todos que él no hubiera aceptado nunca dicho nombramiento en vida de Robert Hooke, cuyas críticas llenas de envidia y las demandas contenciosas de prioridad en los descubrimientos cuando alguien presentaba alguna eran intolerables para el carácter sensible de Newton. A principios de 1703, sin embargo, murió Robert Hooke, y Lord Somers, que ejercía la presidencia, en seguida hizo saber que no presentaría su candidatura en la próxima reunión anual; en consecuencia, Newton fué elegido por unanimidad.

Nada pudo haber sido más beneficioso para la sociedad, ya que el puesto eminente que el nuevo presidente ocupaba en el mundo de la ciencia aumentó grandemente la estima en que se tenía a la sociedad. Newton no limitó sus actividades a las obligaciones rutinarias de su cargo, sino que se ocupó con gran cuidado de la administración.

Asistió a las reuniones del consejo con gran regularidad, faltando solamente a 14 de 175 celebradas en el período en que ejerció la presidencia; y con igual regularidad asistió a las reuniones ordinarias de la sociedad. Introdujo también la práctica de que a las reuniones del consejo asistieran ambos secretarios en vez de uno solamente. En este y otros aspectos mejoró enormemente la eficacia de la administración y sentó un precedente que ha sido seguido, casi al pie de la letra, durante más de un siglo.

El número de miembros científicos de la sociedad entre 1663 y 1700 raras veces pasaba de 50 y las subscripciones no eran suficientes para cubrir los gastos. Por consiguiente, desde el primer momento se dió entrada a un número de candidatos sin conocimientos ni interés en la ciencia, cuyo número era en general doble que el de los primeros y que siempre constituían mayoría en los consejos. Este estado de cosas no facilitaba el desarrollo de las actividades científicas de la sociedad, pero en el año 1820 los miembros científicos lograron tener mayoría en los consejos, y desde aquel momento, como veremos más tarde, los resultados beneficiosos de su influencia fueron inmediatos y altamente satisfactorios.

En 1730, el sucesor de Newton, Sir Hans Sloane, hombre de experiencia en la administración, instituyó la práctica de llevar a los tribunales a los miembros que no pagaran sus cuotas, lo que permitió al consejo poner fin a las dificultades económicas de la sociedad. Desde esta fecha en adelante el número de miembros aumentó constantemente, desde 130, cuando Newton fué nombrado presidente, hasta 400 en 1775 y 600 al terminar, en 1820, la presidencia de Sir Joseph Banks. La proporción entre miembros científicos y no-científicos, que como hemos dicho era de uno a dos, varió poco durante todo el siglo XVIII. Los presidentes Lord Macclesfield y Lord Morton, ambos astrónomos distinguidos, y Sir John Pringle, médico de fama, hicieron progresar notablemente las actividades de la Sociedad; en cambio, Martin Folkes y James West, que eran anticuarios, hicieron muy poco en este sentido. Hacia el final del siglo los secretarios eran con frecuencia historiadores y hombres de letras y durante algunos años ningún hombre de ciencia fué miembro de la ejecutiva.

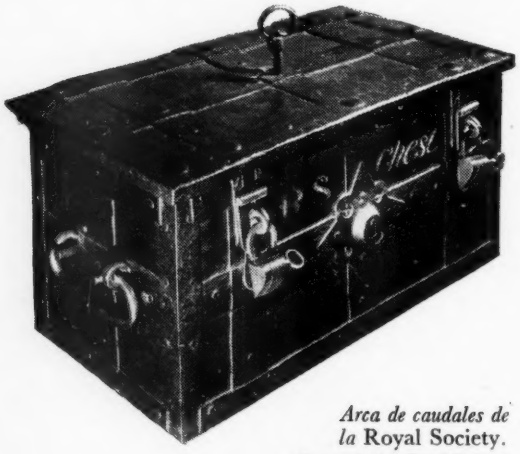
Durante el siglo XVIII la administración no había tenido éxito destacado desde el punto de vista científico; pero esto cambió desde el momento en que se hizo cargo de la presidencia Sir Joseph Banks, quien durante casi 42 años, guió los pasos de la sociedad. Cuando fué elegido presidente contaba 35 años de edad, siendo el más joven de los miembros que hayan merecido tal distinción; era un rico propietario, interesado en la botánica, horticultura, agricultura y en la cría de ganado; había viajado mucho y había proporcionado generosamente fondos para la recogida de plantas, etc., en el extranjero, con objeto de aclimatarlas a Inglaterra o a las colonias. Se consideró muy honrado por el honor que la sociedad le había conferido y llevó a cabo sus obligaciones con la máxima regularidad y minuciosidad; consideró a la sociedad como prenda confiada a su cuidado y tuvo el deseo de conservarla, en lo posible, libre de todo cambio perjudicial o competencia nociva. Es te deseo fué el que, probablemente, le hizo oponerse a la creación de sociedades de especialidades, como las sociedades Geológica y Astronómica, pretensión apoyada en cada caso por un conjunto de especialistas serios y distinguidos que tenían el convencimiento de que el estudio eficaz de sus materias necesitaba

Dr John Wallis.
(*Por cortesía de la* Royal Society.)

Máquina neumática antigua.
(*Por cortesía de la* Royal Society.)

de más facilidades de discusión y publicación que podía ofrecer la *Royal Society*. Posteriormente, la experiencia ha demostrado rotundamente lo acertado de su aspiración.

La representación tan insuficiente de la ciencia en los consejos de la sociedad durante el siglo XVIII debió reducir enormemente la influencia científica que ésta pudo haber ejercido durante aquellos años; es un hecho extraordinario que esta representación no sufriera variación sensible durante más de siglo y medio, lo que se puede atribuir al efecto paralizador de una mayoría en los consejos que ni conocía ni sentía interés por conocer nada que se relacionara con las ciencias naturales, y cuya actitud era, por instinto, la de obstrucción hacia todo movimiento en favor de ellas. Siempre hubo un conjunto de miembros interesados en el adelanto de los conocimientos en la rama de la ciencia a que se hallaban entregados; y estos eran los hombres que se dedicaban a la investigación en la forma que su propio genio les inspiraba. Algunos de ellos no prestaron servicios más que rara vez en los consejos; otros, en cambio, tuvieron dedicado su tiempo a este deber en muchas ocasiones, pero probablemente movidos por el deseo de ayudar a la sociedad por el bien público, más que por sentirse atraídos hacia aquel género de labor. Las investigaciones que con independencia realizaron los astrónomos, matemáticos, químicos, físicos, fisiólogos, médicos y otros que alcanzaron fama por sus trabajos científicos, al mismo tiempo elevaron el prestigio de la *Royal Society*. Por su parte, la sociedad se



Arca de caudales de la Royal Society.
(*Por cortesía de la* Royal Society.)

enorgullecía publicando sus descubrimientos en la revista *Philosophical Transactions* y facilitándoles locales donde pudieran reunirse con sus colegas. Entre aquellos hombres merecen citarse los nombres de los siguientes: matemáticos: A. de Moivre, C. MacLaurin y J. Stirling; astrónomos: J. Bradley y N. Maskelyne; físicos: S. Gray y H. Cavendish; químicos: J. Priestley y W. Wollaston; médicos: R. Abernethy, J. Mead, J. y W. Hunter, J. Lind y J. Pringle.

Selectividad de fecundación en las plantas

K. MATHER

El mecanismo de polinización en las flores es tema de continuo interés, no solamente para el botánico de profesión, sino también para el jardinero, horticultor, y todo el que sea amante de las plantas. El Dr Mather pone de manifiesto la poca consistencia de algunas de las viejas interpretaciones, y cómo, por ejemplo, muchas flores que parecen prestarse a la polinización por el viento, son, de hecho, auto-polinizadas.

La polinización es el período crítico en la vida de una planta fanerógama. El grano de polen, después de su salida de la antera, cae sobre el estigma o superficie receptiva del órgano femenino de la flor, donde germina originándose un tubo de polen. Dicho tubo se desarrolla a lo largo del estilo hasta llegar al ovario, donde, si no lo han anticipado otros tubos, penetra en un óvulo sin fecundizar. Cada grano de polen es portador de un núcleo generador masculino, o núcleo del esperma, el cual penetra en el óvulo por conducto del tubo de polen. Es aquí donde tiene lugar la fusión del núcleo masculino con el femenino, que se encuentra en el saco del embrión. El producto de la fusión es una célula que en principio adopta un estado embrionario, como es el de la semilla madura, y que más adelante, si las condiciones son favorables, se convierte en una planta desarrollada.

La polinización es, pues, como la cópula en los animales, el acto precursor esencial a la fecundación y reproducción sexual. La planta portadora de semillas que no ha sido fecundada no puede

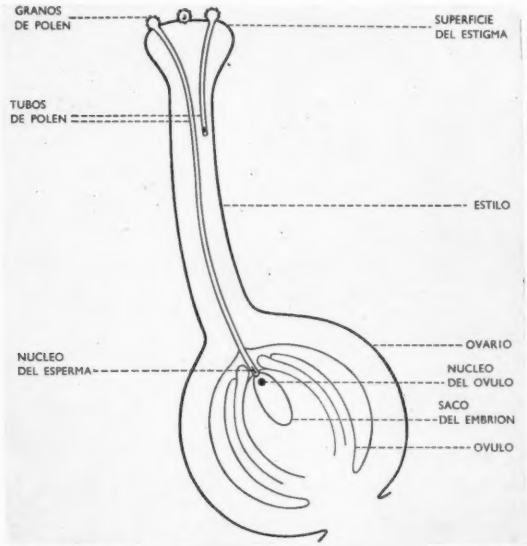
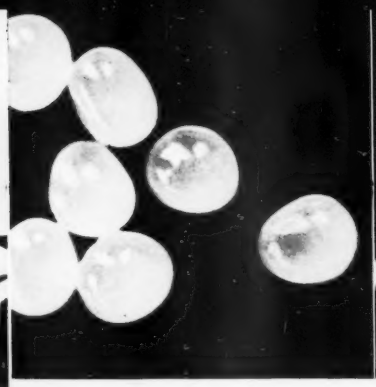


FIGURA 1 – *Polinización y fecundación. Cuando el grano de polen cae sobre la superficie de los estigmas, germina, produciendo un tubo de polen, que se desarrolla a lo largo del estilo y penetra en el óvulo sin fecundizar. El núcleo del esperma está contenido en el tubo, y, cuando éste llega al óvulo, pasa al saco del embrión, donde se funde con el núcleo femenino, originándose el óvulo fecundizado.*

FIGURA 2 – *Una flor de puerro* (Allium porrum). *Se trata, en realidad, de gran número de flores reunidas, formando un conjunto llamativo que atrae a las abejas. Se pueden observar dos abejas activas sobre las flores. Algunas de éstas están abiertas con sus anteras visibles; otras permanecen cerradas. Las anteras depositan el polen en la parte inferior de la abeja, de donde es recogido más tarde por los estigmas.*



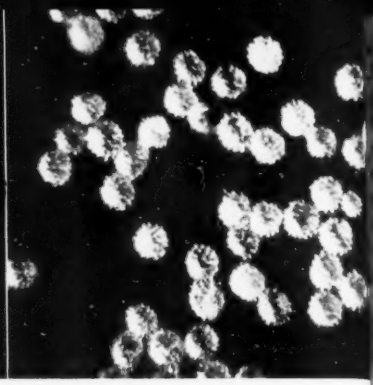


FIGURA 4 (*arriba*) – *A la izquierda, granos de polen de maíz, y a la derecha p de la dalia de jardín* (Dahlia variabilis). *El maíz se adapta a la fecundación p viento, ya que su polen es suave, seco y flúido. Nótese como la superficie pulida re la luz viva. La dalia, por el contrario, cuya fecundación la realizan los insectos, t un polen áspero y pegajoso. En el fondo se ven huellas de la secreción viscosa de anteras, que también es causa de la apariencia algo confusa de los granos aislados.*

FIGURA 3 (*arriba*) – *Una planta de maíz* (Zea mays). *El maíz presenta disposición adecuada para la polinización por el viento. Las flores son unisexuales y las que contienen los estambres están agrupadas formando una « borla invertida » en el parte superior de la planta. Se pueden ver como « cuelgan » las anteras de la borla. Las flores femeninas están agrupadas formando mazorcas por hojas en forma de vaina, de la cual sobresalen los estigmas, una para cada flor, en forma de largas « sedas ». En esta planta se ven dos agrupaciones de sedas. El polen se desprende de la borla y se disemina por el aire, hasta que parte de él cae sobre las sedas.*

FIGURA 5 (*a la derecha*) – *Maíz procedente de la fecundación de una casta por otra igual y por castas distintas. Las plantas de la primera clase, en primer plano, son muy pequeñas y débiles comparadas con las cruzadas que aparecen al fondo.*

FIGURA 6 (*a la i quierda*) – *Tomates castas iguales y de cr* (Lycopersicum es lentum). *Las plan cruzadas de la izquie no son más robustas las de la derecha, pro dentes de castas igua El tomate se reprod sistemáticamente vali dose de la auto-poli zación, teniendo la estr tura genésica apropia a ello. En consecuen la unión sistemática castas iguales no c duce a pérdida alg de fortaleza, contrar mente a lo que sucede el maíz.*

IGURA 7 (*a la derecha*) – *Un retoño del sauce en flor* (Epilobium angustifolium). *a polinización en el sauce, cuyas flores son vistosas y de gran colorido, la realizan los sectos. Las anteras revientan antes de que maduren los estigmas de la misma flor. Las osibilidades de auto-polinización se reducen, pues, considerablemente. En la flor más oven (parte superior de la izquierda), las anteras salen hacia afuera y revientan, desargando el polen. El estilo se inclina hacia abajo y el estigma, en forma de porra, está errado. La flor inmediatamente debajo es más vieja. Sus anteras empiezan a inclinarse acia abajo, al mismo tiempo que el estilo se muestra cada vez más erguido hasta alcanzar a posición que ocupaban las anteras. El estigma empieza a abrirse, mostrando las supericies receptivas interiores. Las dos flores más viejas de la derecha muestran, de manera ás pronunciada, la exposición de las superficies interiores del estigma y las anteras narchitas. La flor más joven no puede alojar polen en su estigma, pero puede depositarlo obre uno abeja. Las flores más viejas ya son incapaces de depositarlo sobre la abeja.*

FIGURA 8 (*a la izquierda*) – *Una preparación fijada y coloreada de tubos de polen desarrollándose en el estilo de la flor de* Oenothera organensis (*preparación y fotografía por el Dr D. Lewis*). *La polinización tuvo lugar* 45 *minutos antes de hacerse la preparación. Algunos granos de polen (intensamente coloreados en la parte superior de la fotografía) han germinado produciendo largos tubos, cuyo crecimiento dentro del estilo puede observarse en la parte inferior de la fotografía. Otros de ellos, especialmente los situados a la izquierda, han producido exclusivamente tubos cortos. Los primeros son granos* compatibles, *cuyos tubos pueden lograr la fecundación. Los últimos son* incompatibles *y nunca podrán fecundizar el núcleo de un óvulo. El polen es incompatible con los estigmas de la misma flor.*

FIGURA 10 (*abajo*) – *Polen procedente de flores de la especie heterostilica* Primula obconica, *tipo « borla » (derecha) y « espiga » (izquierda). Se tuvo la creencia que la heterostilia actuaba como medio mecánico para provocar la polinización por cruce, al tocar los estigmas de las flores del primer tipo las partes de la abeja donde los estambres de las flores del segundo tipo habían depositado previamente el polen, y viceversa. Darwin, sin embargo, demostró la falsedad de esta suposición, al descubrir que el polen procedente de ambos tipos es diferente. El polen de la flor del segundo tipo no se desarrolla en el estilo correspondiente, y lo mismo ocurre con el primer tipo, aun en el caso en que tales polinizaciones « ilegítimas » se intenden deliberadamente* (× 500).

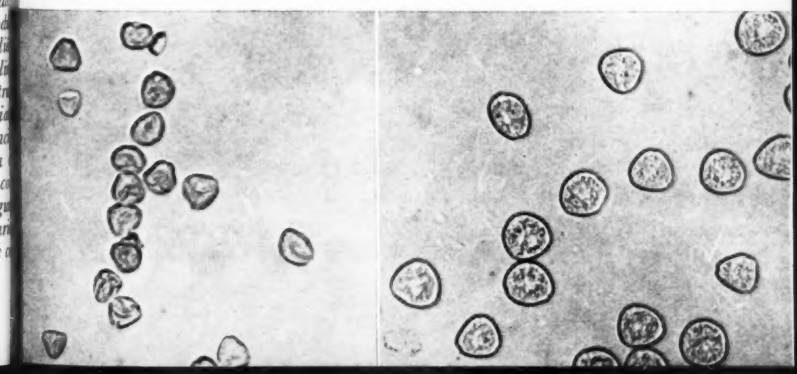


FIGURA 9 (*abajo*) – *Heterostilia en el* Linum perenne. *Para mayor claridad se han separado los pétalos y sépalos. La flor de la izquierda es espigada, de estilos largos y estambres cortos. La flor de la derecha tiene estilos cortos y estambres largos. Nótese la salida de los granos de polen de las anteras y la presencia de éstos sobre los estigmas. Muchas plantas, entre ellas las primaveras, son heterostílicas.*

FIGURA 11 (*a la izquierda*) – *Una espiga de grama en flor* (Agropyrum repens). *Las herbáceas se adaptan a la polinización por el viento. Las anteras sobresalen y oscilan con el viento, que traslada el polen hasta depositarlo sobre los estigmas plumosos, que también sobresalen de las flores. Los estigmas se observan con facilidad en las pequeñas espigas inferiores de la fotografía. Sin embargo, a pesar de este proceso muchas herbáceas emplean con regularidad la auto-polinazición, pues sus anteras revientan y depositan el polen sobre los estigmas, antes que unos y otros hayan salido de la flor.*

FIGURA 12 (*abajo*) – *Florecillas aisladas cortadas de una flor de Escorzonera* (Scorzonera hispanica). *La flor más joven, a la izquierda, no ha abierto aún. La próxima muestra al estigma extrayendo polen de la antera, visible por encima de la corola. Se puede observar cómo el polen se adhiere a la superficie exterior no receptiva del estilo y estigma. El estigma se abre a continuación en dos lóbulos, exponiendo de esta manera las superficies interiores receptivas, en forma análoga al sauce. Los lóbulos se doblan, como se observa en las restantes flores, hasta que las superficies interiores recogen el polen de las exteriores, resultando la auto-polinización. La mayoría de las especies compuestas se comportan en forma análoga. A pesar de ello, sin embargo, la auto-polinización carece de efecto en algunas compuestas, como por ejemplo la dalia, ya que se produce una reacción de incompatibilidad, semejante a la existente en la familia* Oenothera organensis. *En el diente de león, por otra parte, la polinización no es necesaria para la formación de la semilla, ya que la reproducción es sub-sexual.*

procrear. Análogamente la planta productora de polen no procrea si éste no consigue establecer contacto con estigmas adecuados. La facultad de dirigir la polinización supone el poder de selección, grandemente beneficioso, como consecuencia de lo cual se encuentran en las plantas fanerógamas gran variedad de estructuras florales a este fin.

Parece haber sido Sir Thomas Millington, uno de los miembros iniciales de la *Royal Society*, el primero en darse cuenta de la función que desempeña el polen en la reproducción sexual. Sin embargo, la característica más notable de la polinización no fué descubierta hasta cerca de cien años más tarde. Se supone lograda la polinización de la manera más fácil y económica con la transferencia del polen, dentro de una misma flor, desde la antera al estigma. Sin embargo, en muchas especies las abejas se hallan entregadas a la labor de trasladar el polen de una flor a otra, a veces a una planta distinta. No cabe duda, pues, que la polinización por cruce debe ofrecer alguna ventaja sobre la auto-polinización, que compense los peligros adicionales.

Estos peligros se reducen en muchas plantas con la existencia de estructuras florales especiales, que al mismo tiempo facilitan la selectividad de fecundación. Darwin (1877) se dió cuenta de la importancia que dichas estructuras florales tenían para sus teorías sobre la evolución y sometió a algunas de ellas a un análisis experimental, que demostró plenamente su función.

Como las plantas fanerógamas no tienen facultad de movimiento, han de emplear agentes exteriores para la diseminación del polen. El viento, el agua, las aves, los insectos, y hasta, según se asegura, los caracoles, sirven de agentes con las distintas plantas, cuyas flores por su parte se adaptan al uso del agente especial en cuestión.

Hay que tener cuidado, sin embargo, de no relacionar exclusivamente las estructuras florales con los sistemas de polinización, ya que muchas plantas no se sirven en la actualidad del procedimiento a que parecen adaptarse sus flores. Las herbáceas, por ejemplo, se hallan dispuestas adecuadamente para la polinización por cruce mediante el viento, y, sin embargo, muchas de ellas, entre las que se incluyen el trigo, la avena, y la cebada, son auto-polinizadas en la mayoría de los casos. El mecanismo de cruce se malogra debido a que las anteras revientan antes de salir de la flor. Análogamente, muchas de las compuestas presentan un rizado peculiar en los lóbulos del estigma, en tal forma que se origina la auto-polinización. Sin embargo, todas estas plantas tienen flores vistosas del tipo que se asocia generalmente con la atracción de insectos como agentes de polinización.

Estos caracteres mixtos en el gobierno de la fecundación hay que considerarlos como reliquias de los diferentes estados en la evolución de las especies (Mather, 1942). En algunos casos la polinización cruzada ha sido ventajosa, pero en otros ha sido la auto-polinización la que con preferencia ha conducido al éxito.

La mayoría de las plantas son de polinización cruzada, pero algunos, como el trigo y el tomate, presentan sistemáticamente la auto-polinización. De aquí que la auto-polinización no sea, en sí, perjudicial. En las plantas de fecundación cruzada, como demostró Darwin en 1876, la auto-polinización lleva consigo la obtención de progenie escasa y débil; pero éste no es el caso en las plantas que se sirven normalmente de la auto-polinización. Su estructura genésica es apropiada a ella. El sistema de procreación está determinado por la estructura genésica de la especie y al mismo tiempo la regula. Un cambio en el primero trae consigo una transformación en la segunda, pudiendo modificar las especies sus mecanismos de procreación cuando las condiciones hacen ventajoso el cambio.

La auto-polinización, llevando consigo la unión de castas idénticas, conduce a una mayor adaptación de las especies al medio ambiente. Reduce la frecuencia de variantes en la planta, y, en consecuencia, de seres menos aptos. Pero también disminuye la posibilidad de un futuro cambio de adaptación, ya que conduce a la existencia de una estructura genésica de menor flexibilidad. En cambio la fecundación por cruce da mayor flexibilidad genésica, aunque sea a expensas de una reducción en las cualidades de adaptación y de aptitud (Mather, 1942). El sistema de procreación de una especie es el que pudo, en las especies antecesoras, equilibrar con mayor éxito las ventajas contrapuestas de aptitud y flexibilidad, bajo los cambios de ambiente a través de los tiempos. Así pues, la supervivencia de una especie, como la de sus descendientes, depende del grado en que sea adecuado el sistema de procreación, de lo que podremos llamar selectividad de fecundación.

BIBLIOGRAFIA

DARWIN, C. *The Effects of Cross- and Self-fertilization in the Vegetable Kingdom*, Londres, Murray, 1876.

Idem. The Different Forms of Flowers on Plants of the same Species, Londres, Murray, 1877.

MATHER, K. « Polygenic Inheritance and Natural Selection », *Biol. Rev.*, 1942 (en prensa).

El desarrollo y uso de las substancias luminiscentes

LEONARD LEVY y DONALD W. WEST

En los últimos diez años se han hecho progresos notables no solamente en nuestros conocimientos teóricos de los compuestos luminiscentes, sino también en sus aplicaciones prácticas. El Dr Levy y el Sr West, que durante muchos años han estado dedicados al estudio de estas interesantes substancias, nos dan cuenta de los resultados y conclusiones principales alcanzados hasta ahora.

Se dice que son luminiscentes las substancias capaces de emitir luz sin la emisión simultánea de una cantidad sensible de calor. Esta definición comprende varios tipos de luminiscencia que no tienen importancia técnica de ninguna clase, tales como los organismos vivientes luminosos por sí mismos. Comprende también la químico-luminiscencia o emisión de luz que acompaña a ciertas reacciones químicos sin que se produzca más que un ligero desprendimiento de calor.

Pero la clase más importante de substancias luminiscentes es la constituída por cuerpos con la facultad de convertir en visible diversos tipos de radiación invisible. Muchos minerales presentan en su estado natural fenómenos de luminiscencia de esta naturaleza, pero en ningún caso su intensidad es comparable con la que presentan los cuerpos luminiscentes preparados químicamente, conocidos ahora por el nombre de « fosfores ». La denominación de « fosfor » se restringe por convención a las substancias preparadas artificialmente que presentan intensos efectos de luminiscencia, el estado final de preparación de las cuales es el de cristalización por calentamiento a alta temperatura con fundentes apropiados.

Ciertas sales cristalinas puras presentan una luminiscencia intensa sin necesidad de ser calentadas, siendo las más importantes de ellas los platino-cianuros y ciertas sales de uranio. Sin embargo, a éstas no se les aplica ordinariamente la denominación de « fosfores ».

La luminiscencia proporciona un ejemplo excelente de un fenómeno que hasta hace relativamente poco tiempo no tenía más que un interés científico y, sin embargo, se ha hecho ya de gran importancia práctica.

El primer ejemplo de fosfor que se registra es el denominado « fósforo de Bolonia », hecho en 1692 por un zapatero de Bolonia, el que preparaba una forma impura de sulfuro de bario calentando el espato pesado a alta temperatura, probablemente en presencia de algún agente reductor. Esta substancia brillaba en la obscuridad después de haber sido expuesta a la luz.

Las pantallas de rayos X, usadas por primera vez en 1895, y la mezcla auto-luminosa del fosfor sulfuro de zinc y materia radiactiva (tal como se emplea en las esferas de relojes) han sido casi las únicas aplicaciones prácticas de la luminiscencia hasta hace poco tiempo. El desarrollo verdaderamente grande de las substancias luminiscentes ha tenido lugar durante los diez últimos años, en relación principalmente con los tubos de rayos catódicos para la televisión y otros empleos, y para el alumbrado fluorescente.

Los fosfores varían grandemente por el carácter de su luminiscencia, siendo sus propiedades individuales las que determinan sus aplicaciones prácticas. La manera más facil de darse cuenta de estas características es quizás examinando la figura 1, la cual hace ver (C–D) la relación

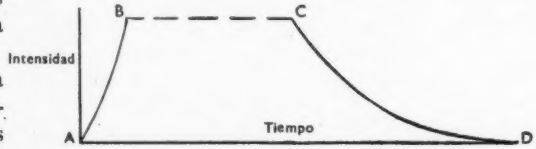


FIGURA I

existente entre la intensidad de la luminiscencia y el tiempo transcurrido desde que la radiación incidente de excitación cesó de actuar.

Al excitar la substancia, y durante un espacio de tiempo que puede variar entre una pequeña fracción de segundo y alrededor de medio minuto (según la substancia y la intensidad de la radiación excitadora), la luz emitida aumenta (A–B) hasta llegar a un máximo. Entonces tiene lugar la

saturación, y la intensidad de la luz emitida permanece constante (B–C) hasta que cesa la radiación excitadora. En ciertos casos, como por ejemplo en el de la acción de la radiación α sobre los fosfores de sulfuro de zinc, esta parte de la curva no es horizontal, pues las propiedades luminiscentes del fosfor se destruyen progresivamente durante un tiempo determinado. Después que la radiación de excitación cesa, la luminosidad disminuye según indica la curva C–D. La luminosidad puede desaparecer en una pequeña fracción de segundo o persistir durante muchas horas.

La emisión de luz durante la excitación (B–C) se conoce por el nombre de fluorescencia; mientras que la emisión de luz después que ha cesado la radiación incidente (C–D) es denominada fosforescencia. La última representa, evidentemente, energía latente almacenada en el fosfor, la cual es emitida en forma de luz. Las características de intensidad-tiempo de la curva de fosforescencia C–D son de gran importancia práctica.

TABLA I

	Larga ultra-violeta 3.650 A	Corta ultra-violeta 2.537 A	Rayos X	Rayos catódicos	Rayos α de las substancias radi-activas
Sulfuros de zinc y de zinc-cadmio	Muy bien	Entre ligera y pasa-ble-mente	Muy bien	Muy bien	Muy bien
Tungstatos de cadmio y de magnesio	Casi nada	Muy bien	Bien	Bien	Muy ligera-mente o nada
Silicatos de zinc y de zinc-berilio	Muy ligera-mente	Muy bien	Pasa-ble-mente	Muy bien	Muy ligera-mente o nada
Borato de cadmio	Pobre-mente	Muy bien	Muy ligera-mente	Mode-rada-mente	Muy ligera-mente o nada
Fosfatos de cadmio y de zinc	Pobre-mente	Muy bien	Muy ligera-mente	Bien	Muy ligera-mente o nada

Los fosfores presentan una gran variedad por su manera de responder a los diferentes tipos de radiación. Algunos, como por ejemplo los fosfores sulfuro de zinc y de zinc-cadmio, dan excelentes resultados cuando se les excita con casi qualquier forma de radiación excepto la ultra-violeta 2.537A, pero otros fosfores no responden más que a uno o dos tipos de radiación. El modo de responder a las diversas clases de radiación de los tipos más importantes de fosfor aparece en la tabla 1.

Es posible variar la luminiscencia si se modifica convenientemente el método de formación del fosfor. En el caso, por ejemplo, del tungstato de cadmio, que presenta una buena fluorescencia azulada con los rayos X y permanece impasible ante la radiación ultra-violeta de larga longitud de onda, si se añade una pequeña cantidad de uranio en el proceso de su formación el fosfor resultante da una fluorescencia rosa con los rayos X y una fluorescencia de color rojo brillante de gran intensidad bajo la acción de la ultra-violeta de larga longitud de onda.

La experiencia ha demostrado que es menester atenerse estrictamente a ciertas normas de preparación si se desea obtener fosfores que produzcan el mayor efecto posible. El fosfor debe prepararse, ya sea por precipitación o por cualquier otro medio, en condiciones de absoluta pureza. Los metales como el hierro, vanadio y cobalto han de hallarse completamente ausentes. Generalmente, es necesario que ciertos aditivos entren a formar parte del fosfor para realizar los fenómenos luminiscentes. La cantidad de aditivo es en muchos casos muy pequeña, del orden del 1 en 20.000; en otros tipos de fosfor la cantidad es relativamente grande, entre el 0,25 y el 5 por ciento. A los aditivos se les conoce ordinariamente por activadores. El pricipitado de fosfor juntamente con su activador se mezcla con ciertos fundentes que varían según el fin a que se destina el primero, y después la mezcla se calienta a elevada temperatura para hacer que el fosfor cristalice. En algunos casos (el del tungstato de calcio, por ejemplo) el precipitado de fosfor puede ocurrir que sea suficientemente cristalino para presentar ya algunas propiedades luminiscentes; pero la intensidad de esta luminiscencia es muy inferior a la que se consigue después del calentamiento.

Los fosfores pueden dividirse en tres clases:

1) El tipo representado por los sulfuros de zinc y de zinc-cadmio, en el que el activador se halla presente en cantidades mínimas, no superiores al 1 en 10.000 ordinariamente.

2) El tipo representado por los silicatos de zinc y de zinc-berilio, en el que el activador (manganeso) necesario para producir la luminiscencia se halla presente en cantidades relativamente grandes, del orden del 0,5 por ciento.
3) Los fosfores que en apariencia son sales absolutamente puras y no exigen la presencia de activador alguno. Este tipo está representado por los tungstatos de magnesio, cadmio y calcio. Sin embargo, aun en este caso puede modificarse el color de la luminiscencia mediante pequeñas adiciones. Por ejemplo, el tungstato de calcio, que presenta una fluorescencia azul y que por la adición del 1 por ciento aproximadamente de samario el color se transforma en rosa.

En ciertos casos se necesita que los fosfores de sulfuros de zinc y de zinc-cadmio presenten fluorescencia sin fosforescencia alguna, habiéndose encontrado que la presencia de una cantidad insignificante de níquel, del orden del 1 en 1.000.000 o incluso menos, reduce la fosforescencia a un nivel extremadamente bajo sin que la fluorescencia quede afectada materialmente.

Los espectros de fosfores están generalmente constituídos por bandas continuas de radiación que se extienden a veces hasta las regiones ultravioleta e infra-roja del espectro. En algunos casos, como en el del tungstato de calcio activado con samario, se halla presente también una cierta cantidad de estructura fina. La banda se extiende a veces sobre todo el espectro visible con uno o dos máximos bien definidos. En otros casos, las bandas son relativamente estrechas y el color resultante está mucho más saturado. En la figura 2 se muestran ejemplos de espectros de fluorescencia.

TABLA 2

Fosfor	Excitación	Intensidad
ZnCdS(Ag)	Rayos X, 6 mA. 90 kV.	Equivalente a 5 bujías-pie
ZnS(Ag) más ZnCdS(Cu)	Mancha de disección de rayos catódicos en tubos de televisión	Aproximadamente equivalente a 6.000.000 de bujías-pie
ZnS(Cu)	Rayos α (70 microgramos por gramo)	Equivalente a 0,04 o 0,5 bujía-pie
ZnS(Cu)	Ultra-violeta, 125 vatios a 3 pies	Equivalente a 6 bujías-pie
SrS(Bi)	Luz del día	Equivalente a 1,5 bujías-pie

La intensidad de luminiscencia varía mucho, desde las pequeñas luminosidades de los compuestos radiactivos de baja calidad empleados en las esferas de relojes, etc., hasta las luminosidades de intensidades enormes de la de la mancha de disección de imágenes en los tubos de televisión. En la tabla 2 se dan los valores aproximados de ciertas intensidades de fluorescencia.

La fluorescencia se explica dentro de la física atómica moderna de la manera siguiente. Se supone que, debido a la absorción de radiación, el electrón salta de un nivel inferior o banda llena de la malla cristalina a la banda de conducción. El activador suministra electrones para reemplazar los que han dejado la banda inferior. La emisión de luz tiene lugar cuando el electrón cae de la banda de conducción a la banda de impureza.

La fosforescencia se explica suponiendo la presencia de bandas metastables (los denominados « niveles de captación») próximas a la banda de conducción. Los electrones de los niveles de captación no pueden ser liberados sino a través de la banda de conducción, por medio de oscilaciones térmicas.

La primera aplicación realmente práctica que se hizo de las substancias luminiscentes fué para la diagnosis con rayos X. Con objeto de convertir los rayos X en radiación visible que hiciera posible el examen visual, se emplearon pantallas revestidas de una capa de substancia luminiscente. Hoy se emplea también un tipo diferente de pantalla para convertir la radiación X en radiación actínica, lo que permite reducir muchísimo el tiempo de exposición necesario para hacer una radiografía. Los fosfores para trabajos con rayos X deben estar exentos de fosforescencia, pues de otro modo se tendrá una imagen borrosa de los órganos en movimiento. Esto fué lo que durante muchos años impidió el uso del sulfuro de zinc en este género de trabajos. Los fosfores de sulfuro de zinc y sulfuro de zinc-cadmio dan bajo la acción de los rayos X una fluorescencia mucho más intensa que otras substancias, pero como siempre presentaban fosforescencia resultaban enteramente inservibles. El descubrimiento del « níquel como destructor», a que ya nos hemos referido, hizo desaparecer esta dificultad.

Hace ya mucho tiempo que se conoce el compuesto luminoso radiactivo. Ha sido de uso general para las esferas de relojes, pero hoy se le

emplea en mucho mayor grado para iluminar las escalas de los instrumentos de aeroplano, brújulas de buque y para otros fines.

Los fosfores de sulfuro de zinc y de zinc-cadmio en combinación con radiación ultra-violeta de larga longitud de onda se emplean para producir efectos vistosos y llamativos en publicidad y en la presentación escénica.

Los sulfuros, silicatos y tungstatos y algunos otros fosfores se emplean en los tubos de rayos catódicos. El grande y rápido desarrollo que ha experimentado el uso de los tubos de rayos catódicos ha conducido al aumento del número y variedad de los fosfores necesitados para producir ciertos efectos especiales. La pantalla de los tubos de rayos catódicos que se utilizan en los oscilógrafos y otros instrumentos similares está hecha ordinariamente de silicato de zinc de fluorescencia verde. La pantalla de los tubos de rayos catódicos para la televisión debe dar una imagen blanca y negra. Esto no se logra bien con un sólo fosfor, ya que el espectro de este, aunque sea continuo, siempre presenta algunas regiones que predominan sobre las demás. Se obtienen resultados muy buenos mezclando el sulfuro de zinc-cadmio de fluorescencia anaranjada y amarillo-anaranjada con el sulfuro de zinc de fluorescencia azul que se extiende hasta el verde del espectro. El espectro de fluorescencia de la mezcla de estos dos fosfores aparece representado en la figura 2, pudiendo verse que las dos partes son aproximadamente complementarias. Los tubos de rayos catódicos con fosfores especiales están siendo objeto de un gran número de aplicaciones nuevas.

Los fosfores se usan principalmente por la fluorescencia que presentan. En ciertos casos, sin embargo, son los efectos fosforescentes los que se desean. Así, por ejemplo, en la guerra actual se han empleado los fosfores de sulfuro de estroncio por su fosforescencia para producir señales de varias clases durante las horas de obscuridad. Desgraciadamente, los fosfores alcalino-térreos son químicamente inestables y exigen el empleo de medios especiales para impedir su descomposición.

Un segundo tipo de fosfor fosforescente es el sulfuro de zinc activado con cobre. Este presenta una fosforescencia muy intensa, la que, sin embargo, se desvanece mucho más rápidamente que la de los fosfores alcalino-térreos. Las curvas de intensidad de los dos tipos de fosfores se encuentran a los pocos minutos, después de lo cual la fosforescencia del sulfuro de estroncio es siempre más alta que la del sulfuro de zinc. Los fosfores de sulfuro de zinc son, en general, muy estables. Requieren el empleo de medios adecuados para impedir la fotolisis, pero su descomposición química no se realiza con facilidad. En realidad, se les puede añadir a composiciones vítreas convenientes para obtener esmaltes fosforescentes. Estos esmaltes resultan muy útiles en los casos en que falta el alumbrado eléctrico, pues proporcionan luz suficiente para poder distinguir los objetos en una habitación a obscuras.

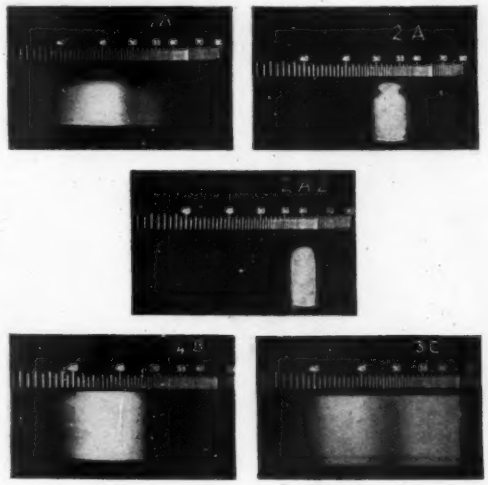


FIGURA 2 – *1A, tungstato de cadmio; 2A, silicato de zinc; 2A2, fosfato de zinc; 4B, sulfuro de zinc (Ag); 3C, mezcla de sulfuro de zinc y de zinc-cadmio.*

Con mucho, la mayor y más importante aplicación de los polvos luminiscentes está indudablemente en la iluminación. Los primeros tubos de descarga en que se utilizaron los polvos luminiscentes fueron los bien conocidos tubos de neon y de mercurio de alto voltaje usados para anuncios, pero en este país se ha desarrollado también extensamente el empleo de tubos de la misma naturaleza para fines de alumbrado. La técnica usada para los tubos fluorescentes de alto voltaje ha sido aplicada, más recientemente, a tubos que puedan funcionar con los voltajes corrientes. Estos tubos fluorescentes de voltaje ordinario prometen revolucionar los manantiales artificiales de luz.

FIGURA 1 – *Cáncer de los hilanderos: la lesión primaria.*

FIGURA 2 – *Papilomatosis de la oreja del conejo, inducida por la aplicación repetida de un alquitrán obtenido a partir del acetileno (Kennaway).*

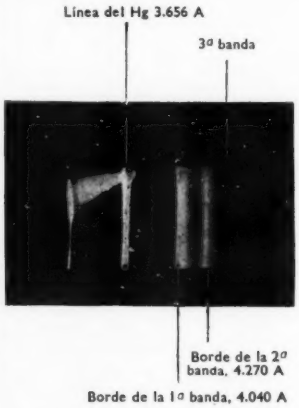


FIGURA 3 – *Espectro de fluorescencia del bencepireno-3 : 4 (Hieger). Obsérvese la aguda definición de los bordes de las dos bandas acanaladas principales.*

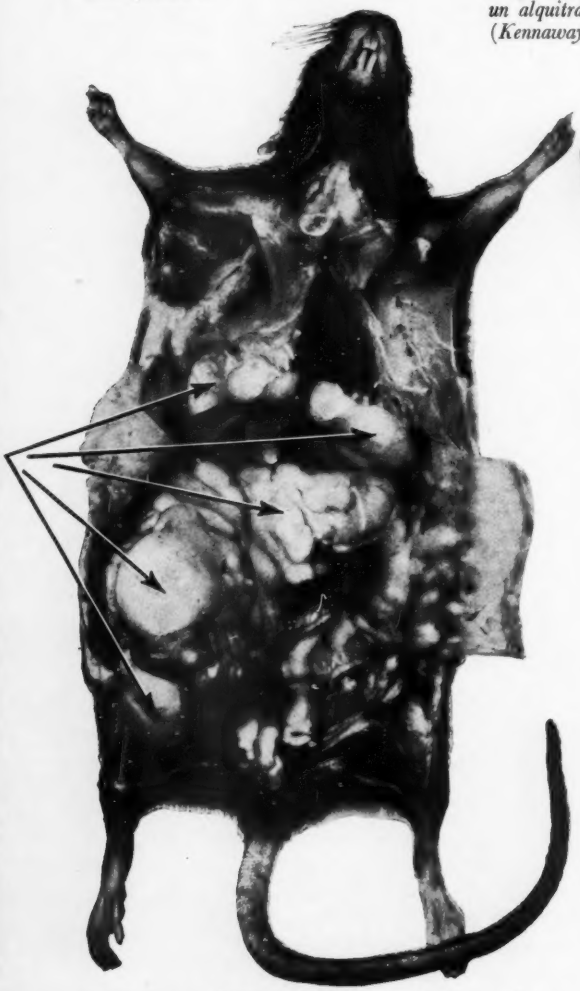


FIGURA 5 – *Sarcoma de la rata, inducido mediante la inyección repetida de dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6. Las masas tumorales principales están indicadas por flechas.*

FIGURA 4 – *Epitelioma (ratón), inducido pincelando la piel con una solución bencénica de bencepireno-3 : 4.*

FIGURA 6 – *Invasión del hígado por un tumor maligno de tejido conjuntivo (gallo), inducido con el dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6.*

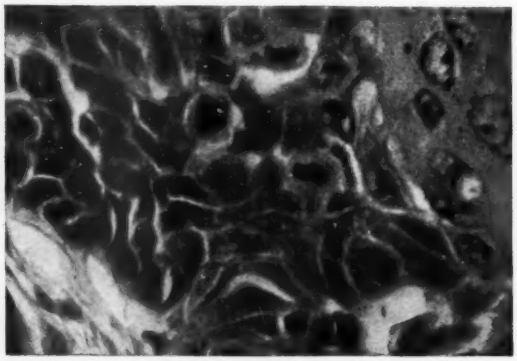


FIGURA 7 – *Células malignas en división rápida de un tumor (de piel de ratón) inducido con el hidroximetil-10-benzantraceno-1 : 2.*

La producción del cáncer por medio de compuestos químicos

ALEXANDER HADDOW

Hasta épocas relativamente recientes la cura de las enfermedades era una cuestión de tanteos, pero el rápido desarrollo de la ciencia ha revolucionado la medicina experimental. En el artículo del Dr Haddow se describe la aplicación de los conocimientos químicos a la investigación del cáncer y se proporciona un ejemplo verdaderamente notable de un aspecto de la nueva técnica.

Percivall Pott fué el primero a dar cuenta de una forma particular de cáncer que se presentaba en los deshollinadores (cáncer scroti, en las *Chirurgical Observations*, 1775) y lo atribuyó a una causa específica: la contaminación de la piel con hollín. Otros casos fueron referidos por una larga sucesión de cirujanos ingleses, entre los que se incluían Earle, Astley Cooper, Hughes Bennett, Paget y Butlin. En 1875, von Volkmann había descubierto tumores de la piel entre los obreros de la industria del alquitrán de Halle. Al año siguiente, el célebre Joseph Bell de Edimburgo refirió los primeros casos de « cáncer de la parafina » en los terrenos de esquisto escoceses. En 1887, se encontró el primer ejemplo de cáncer de la piel que afectaba a los operarios de la industria del hilado del algodón de Lancashire y atribuible al contacto con aceite lubrificante (cáncer de los hilanderos) (*véase* la figura 1).

Todos éstos eran los resultados de causas « naturales », no provocadas a manera de ensayos. Las soluciones a las cuestiones que planteaban no podían ser halladas más que mediante la investigación sistemática, siendo la primera y esencial la concerniente a la reproducción de la enfermedad a voluntad. El éxito se hacía esperar; estuvo a punto de ser logrado por Bayon (1912), pero al fin fué conseguido por Yamagiwa y Ichikawa (1915), los que produjeron cánceres indiscutibles por aplicación de alquitrán de hulla en las orejas de los conejos. En 1918, Tsutsui (un discípulo de Yamagiwa) hizo ver la ventaja de pincelar la piel en los *ratones* como método de prueba.

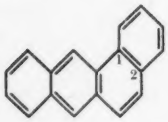
El campo se hallaba ahora dispuesto para atacar más ampliamente el problema, y el instrumento había sido indicado ya por el renombrado Lebert (1851): « Para un trabajo de tal naturaleza, es preciso que un hombre profundamente versado en el conocimiento anatómico y patológico del cáncer se asocie con un químico, el que por su parte habrá de hallarse al corriente de los progresos más recientes de la ciencia ».

Los primeros frutos de esta asociación llegaron en 1921–26, con la demostración hecha por Bloch, en Zürich, de que la substancia activa del alquitrán de hulla se concentraba en las partes de más alto punto de ebullición en la forma de un compuesto neutro, exento de nitrógeno, arsénico y azufre, capaz de formar un complejo estable con el ácido pícrico y que pertenecía, probablemente, a la clase de hidrocarburos cíclicos.

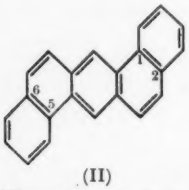
En 1924–25, Kennaway logró obtener alquitranes carcinogénicos por la pirolisis del petróleo, la piel, el pelo, la levadura y el colesterol, y también haciendo pasar acetileno e isopreno con hidrógeno a lo largo de tubos fuertemente calentados. Los alquitranes obtenidos a temperaturas cada vez más altas (450–1.250° C.) presentaban un orden de potencialidad ascendente; y estos resultados podían ser explicados suponiendo que el acetileno era un producto de descomposición común, y que la materia carcinogénica se formaba de una manera indudable a partir del acetileno (*véase* la figura 2). De este modo se llegó paulatinamente a la firme conclusión general de que el agente carcinogénico era un hidrocarburo complejo de tipo aromático.

Debido a que los alquitranes carcinogénicos presentaban ordinariamente fuertes propiedades fluorescentes, Mayneord (1927) estudió sus espectros de fluorescencia y encontró que aquéllos poseían un espectro característico constituído por tres bandas de baja dispersión. Esta pista de importancia fundamental fué desarrollada por Hieger con la investigación de un conjunto de

hidrocarburos aromáticos policíclicos, particularmente de los relacionados con el antraceno. Se halló que el *Benzantraceno*-1 : 2 (I) daba un espectro análogo al de las mezclas carcinogénicas, siendo esto lo que condujo a Cook a emprender la larga serie de estudios de los homólogos del benzantraceno, los cuales nos proporcionaron el conocimiento de las condiciones estructurales que constituyen el fundamento de la acción carcinogénica. Por esta época, Clar acababa de publicar los procedimientos de obtención por síntesis de ciertos hidrocarburos benzantracénicos. La actividad carcinogénica de estos compuestos fué ensayada por Kennaway y Hieger (1930), los que no tardaron en obtener resultados positivos con el dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6 (II); este fué, por consiguiente, el primer compuesto conocido que presentaba propiedades carcinogénicas pronunciadas (figuras 5 y 6).

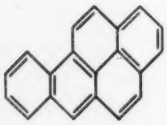


(I)
Benzantraceno-1 : 2



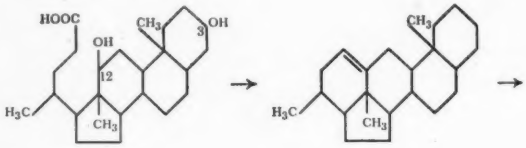
(II)
Dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6

El espectro de fluorescencia — en los términos de Kennaway « el único hilo que servía de guía a través de todo este laberinto » — fué empleado también por Hieger en la concentración del agente a partir de la brea del alquitrán de hulla, culminando con el aislamiento de un hidrocarburo que presentaba el espectro característico (figura 3) y que resultó ser fuertemente carcinogénico (1933) (*véase* la figura 4). Sus propiedades hacían pensar en uno de los dos bencepirenos; éstos fueron sintetizados por Cook y Hewett, quienes pronto lograron probar la identidad de uno de los compuestos (bencepireno-3 : 4, III) y la substancia obtenida de la brea.



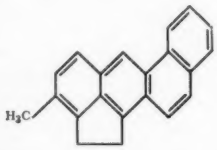
(III)
Bencepireno-3 : 4

Hasta aquí, las indicaciones obtenidas del cáncer industrial habían conducido a la identificación de la substancia que constituía la causa y al descubrimiento de otros hidrocarburos de la familia del benzantraceno poseyendo propiedades carcinogénicas. La posibilidad de que tales compuestos jugaran algún papel en la producción del cáncer « espontáneo » se hizo plausible al reconocerse, como consecuencia de los progresos en la formulación del esterol debidos a Rosenheim y King en 1932, que muchos de los compuestos que se presentan en la naturaleza poseen sistemas policíclicos condensados algo similares. Así, el deshidronorcoleno (V), un hidrocarburo preparado por Wieland y Schlichting a partir del ácido desoxicólico de la bilis (IV), es un derivado hidrogenado del benzantraceno-1 : 2, y en 1933 tanto Wieland y Dane como Cook y Haslewood obtuvieron de él por deshidrogenación con selenio el hidrocarburo enteramente aromático metilcolantreno (VI).



(IV)
Acido desoxicólico

(V)
Deshidronorcoleno



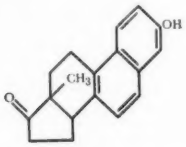
(VI)
o-Metilcolantreno-2

Pronto se probó que este compuesto tenía una potencialidad carcinogénica de orden elevado — como Cook, en efecto, lo había predicho — . La estructura quedó rápidamente establecida, y confirmada por su síntesis (Fieser y Seligman).

No se tiene todavía prueba alguna de que las transformaciones de la clase considerada tengan lugar *in vivo*. Tanto el ácido cólico como el desoxicólico tienen un grupo oxhidrilo en la posición adecuada (12) para favorecer la ciclización necesaria de la cadena lateral. Por otra parte, Rossner (1937) obtuvo el metilcolantreno por deshidrogenación de derivados complejos de la hidrocarbazola, formados por la acción recíproca de la colestenona o la colestanona con la fenilhidracina. En ninguno de estos casos concurre circunstancia especial alguna que favorezca el cierre de anillos, y de aquí el que Cook considerara este resultado como indicador de una tendencia inherente por su naturaleza en la molécula del esterol a convertirse en un derivado metilcolantrénico.

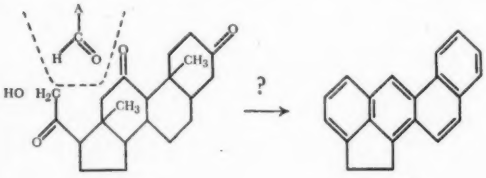
Sin embargo, en los compuestos que poseen anillos hidrogenados no se encuentra en general

una carcinogenicidad marcada, por lo que sería necesario un grado más de deshidrogenación. En conexión con esto es de importancia el descubrimiento hecho por Ghiron (confirmado por Kennaway) de que la inyección del propio ácido desoxicólico puede producir tumores del tejido conjuntivo en los ratones. En este caso sería particularmente digno de desear que se viera si es que el ácido desoxicólico es intrínsicamente activo o está sujeto a una transformación que proporciona pequeñas cantidades de un producto activo. Una de las mejores analogías para la aromatización del sistema de anillos hidrogenados es la que proporciona la hormona productora de estímulos, equilenina (VII), con dos anillos aromáticos y resultante, probablemente, de un esteroide no aromático precursor (Girard, Fieser).



(VII)
Equilenina

Fieser ha hecho recientemente el examen de los puntos de vista modernos sobre las relaciones entre los esteroides, ocupándose del esquema propuesto por Robinson, que envuelve la biosíntesis de los esteroides a partir de la tirosina, y de la hipótesis de Reichstein, conforme a la cual las unidades sintéticas pueden ser azúcares de tres átomos de carbono. En el último proceso la condensación de siete unidades proporcionaría los esteroides corticales (C_{21}), pudiendo continuar la condensación hasta dar lugar a los ácidos biliares (C_{24}) y el colesterol (C_{27}). Se supone que los andrógenos de C_{19} y los estrógenos de C_{18} resultan de degradaciones metabólicas de los esteroides de C_{21}. En opinión de Fieser, la tosca analogía entre la equilenina y el metilcolantreno indica que si el último resulta efectivamente de un proceso de metabolismo anormal, este proceso debiera estar asociado con el normal que da lugar a la producción de hormonas estrogénicas. Consecuentemente, invita a considerar la producción

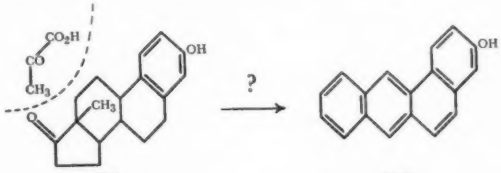


(VIII)
Deshidrocorticosterona
(más un aldehido)

(IX)
Colantreno

de carcinógenos a partir de los principios activos de la corteza adrenal, mirando tales reacciones como si fueran el resultado de la condensación de la deshidrocorticosterona (VIII) con el formaldehido (para dar el colantreno, IX).

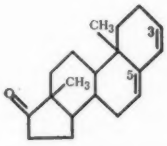
Fieser indica también otra manera de llegar al colantreno por la condensación de estrona (X) o equilenina con el ácido pirúvico, seguida de aromatización, cierre del anillo para dar el núcleo bencenoide terminal y nueva deshidrogenación. Aquí surge una dificultad (como también para el ácido desoxicólico de más arriba), puesto que el producto, a causa de la presencia constante del grupo oxhidrilo en el C_3 característico de las hormonas esteroides parcialmente aromáticas, debiera ser un derivado oxhidrílico 3 (XI) y de carcinogenicidad improbable. Pero una observación a esto muy apropiada fué hecha por Burrows, Cook, Roe y Warren al aislar de la orina de un macho con tumor adrenal una substancia (XII) desprovista de este grupo oxhidrilo-3 característico, lo que demostraba que el oxhidrilo del C_3 puede en ciertas circunstancias ser eliminado mientras el sistema en anillo no sea todavía aromático. El mismo compuesto fué



(X)
Estrona
(más ácido pirúvico)

(XI)
Hidroxicolantreno-3

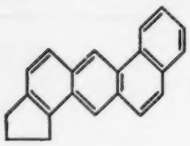
aislado más tarde por Wolfe, en el laboratorio de Fieser, de la orina de una hembra con tumor adrenal.



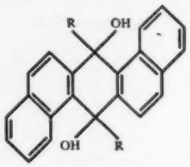
(XII)
$\Delta^{3,5}$-*Androstadieno-17-uno*

Puede citarse aquí el descubrimiento hecho por Lacassagne, en 1932, de que la inyección de hormona sexual femenina produce en condiciones favorables el cáncer de pecho en los ratones machos — el primer experimento en el que el cáncer fué producido por un compuesto que se presenta en la naturaleza —. Casi al mismo tiempo, Cook y Dodds demostraron que algunos compuestos sintéticos, como el *ciclo*penteno-5 : 6-benzantraceno-1 : 2 (XIII) y el bencepireno-3 : 4

(III), podían presentar aisladamente actividad estrogénica al mismo tiempo que la carcinogénica. La acción estrogénica fué también descubierta en ciertos derivados di-alquílicos del dibenceno-1 : 2 : 5 : 6-dihidroantraquinol-9 : 10 (XIV).

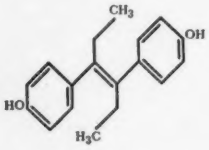


(XIII)
Ciclo*penteno*-5 : 6-*benzantraceno*-1 : 2

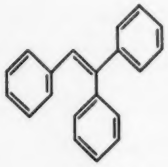


(XIV)
Di-alquil-dibenzantraceno dioles

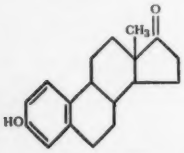
Esto no tardó en conducir a las investigaciones en mayor escala realizadas por Dodds y Robinson y a la síntesis de estrógenos artificiales de potencialidad extraordinaria. Entre tales compuestos descubiertos más tarde, el dietilestilboestrol (XV) y el trifeniletileno (Schönberg) (XVI) se sabe actualmente que son capaces de inducir tumores de pecho y testículo en los ratones de razas susceptibles de padecerlos. El primer compuesto presenta una tosca semejanza con la estrona (XVII) y el criseno (XVIII), y el trifeniletileno puede formularse también como un derivado del fenantreno con un anillo roto o, posiblemente, como un sistema benzantracénico con dos anillos rotos.



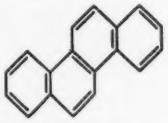
(XV)
Dietilestilboestrol



(XVI)
Trifeniletileno

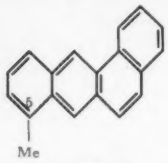


(XVII)
Estrona

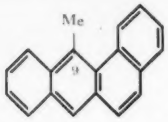


(XVIII)
Criseno

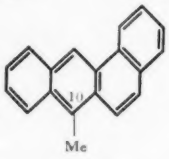
El estudio de Cook de los homólogos del benzantraceno fué el primero en revelar la gran importancia de la posición 5, pues mientras que el hidrocarburo de origen no es más que débilmente activo la substitución metílica en la posición 5 confiere una potencialidad de grado elevado (XIX). Posteriormente, fué demostrado que la substitución en las posiciones 9 o 10 (XX, XXI)



(XIX)
Metil-5-benzantraceno-1 : 2



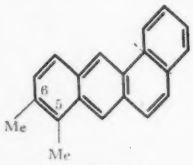
(XX)
Metil-9-benzantraceno-1 : 2



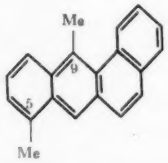
(XXI)
Metil-10-benzantraceno-1 : 2

conduce también a compuestos altamente carcinogénicos y, efectivamente, el metil-10-benzantraceno-1 : 2 es el más activo de todos los derivados monometílicos del compuesto de origen.

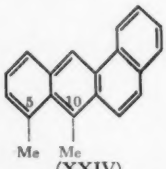
Pasando a los dimetil-benzantracenos, los substituyentes en dos posiciones favorables cualesquiera se refuerzan el uno al otro, de suerte que la actividad del nuevo compuesto es acrecentada. Así, el dimetil-5 : 6-benzantraceno-1 : 2 (XXII) es más activo que el compuesto que no posee más que un grupo metilo en la posición 5 o la 6; el dimetil-5 : 9 y el dimetil-5 : 10-benzantraceno-1 : 2 (Fieser) (XXIII, XXIV) muestran gran actividad, y el dimetil-9 : 10-benzantraceno-1 : 2 (Bachmann, Kennaway) (XV) alcanza una potencialidad extrema.



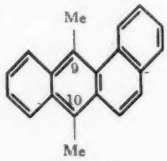
(XXII)
Dimetil-5 : 6-benzantraceno-1 : 2



(XXIII)
Dimetil-5 : 9-benzantraceno-1 : 2

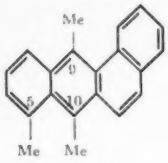


(XXIV)
Dimetil-5 : 10-benzantraceno-1 : 2

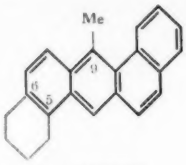


(XXV)
Dimetil-9 : 10-benzantraceno-1 : 2

Todavía mayor aumento es ocasionado por la substitución, simultáneamente, en *tres* posiciones favorables, ejemplos de lo cual son el trimetil-5 : 9 : 10-benzantraceno-1 : 2 (XXVI) y el metil-9-dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6 (XXVII).

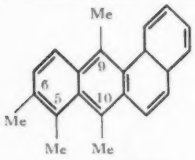


(XXVI)
Trimetil-5 : 9 : 10-benzantraceno-1 : 2

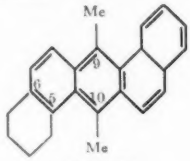


(XXVII)
Metil-9-dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6

Pero el aumento de potencialidad con el número de posiciones substituídas tiene un límite, pues los compuestos con cuatro substituciones en las posiciones más favorables [el tetrametil-5 : 6 : 9 : 10-benzantraceno-1 : 2 (XXVIII) y el dimetil-9 : 10-dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6 (XXIX)] muestran una actividad *decrecida:*

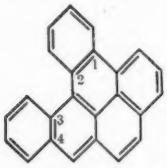


(XXVIII)
Tetrametil-5 : 6 : 9 : 10-benzantraceno-1 : 2

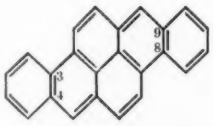


(XXIX)
Dimetil-9 : 10-dibenzantraceno-1 : 2 : 5 : 6

Esto inmediatamente hace pensar en la existencia de una complejidad óptima para la actividad, conclusión que Cook ya había hecho resaltar en una etapa anterior de estas investigaciones. Los límites de complejidad compatible con la actividad están representados por dos hidrocarburos hexacíclicos, el dibencepireno-1 : 2 : 3 : 4 y el -3 : 4 : 8 : 9 (XXX, XXXI):



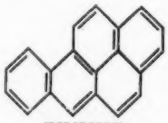
(XXX)
Dibencepireno-1 : 2 : 3 : 4



(XXXI)
Dibencepireno-3 : 4 : 8 : 9

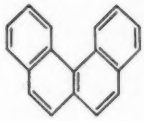
Estos ejemplos presentan una cierta analogía con los derivados del bencefenantreno-3 : 4 y del criseno, y nos recuerdan que mientras Cook consideraba el bencepireno-3 : 4 como muy estrechamente relacionado con el benzantraceno-1 : 2 (como en el XXXII), Fieser indicó por otras razones que sería más apropiado darle la fórmula de un derivado del criseno (como el XXXIII):

(XXXII)



(XXXIII)

Se lograron progresos notables con el examen detenido de la acción de los seis hidrocarburos constituídos por cuatro anillos aromáticos condensados y de los quince compuestos con cinco anillos. Esto sirvió para descubrir la actividad del bencefenantreno-3 : 4 (XXXIV) y de los dibencefenantrenos-1 : 2 : 3 : 4 y 1 : 2 : 5 : 6 (XXXV, XXXVI) y también para hacer ver que el *criseno,* así como el *benzantraceno*-1 : 2 y el *bencefenantreno*-3 : 4 deben ser considerados como compuestos originarios de derivados carcinogénicos. Cada uno de estos hidrocarburos es un derivado del fenantreno por substitución en dos

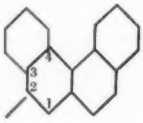


(XXXIV)
Bencefenantreno-3 : 4

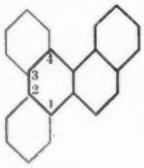
(XXXV)
Dibencefenantreno-1 : 2 : 3 : 4

(XXXVI)
Dibencefenantreno-1 : 2 : 5 : 6

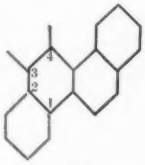
de las posiciones 1, 2, 3 y 4. La substitución adicional en las posiciones restantes da lugar a hidrocarburos fuertemente carcinogénicos, por ejemplo, el metil-2-bencefenantreno-3 : 4 (A), el dibencefenantreno-1 : 2 : 3 : 4 (B), dimetil-criseno-1 : 2 (C), bencepireno-3 : 4 (D), y el dimetil-9 : 10-benzantraceno-1 : 2 (E). Además de esto, la substitución resulta eficaz ya se haga por dos anillos bencénicos o por un anillo



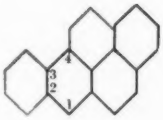
(A)



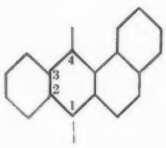
(B)



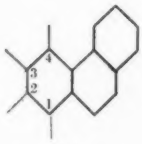
(C)



(D)



(E)

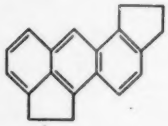


(F)

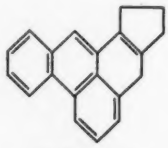
(La numeración indica la relación con el fenantreno)

bencénico y uno o dos grupos metilos, lo cual condujo, finalmente, a Hewett y Martin a la síntesis del tetrametil-1 : 2 : 3 : 4-fenantreno (F): un compuesto fundamental que liga los derivados activos del benzantraceno-1 : 2, bencefenantreno-3 : 4 y del criseno, puede ser considerado como el *prototipo* de todos estos compuestos y cuya carcinogenicidad no ha sido demostrada hasta recientemente.

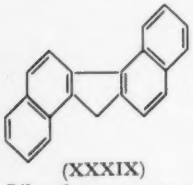
Incluso el núcleo fenantrénico no resulta indispensable, puesto que la actividad de las estructuras XXXVII y XXXVIII y de ciertos dibencefluorenos (por ejemplo, el XXXIX) es bien marcada, y apreciable en un compuesto tan sencillo como el dimetilantraceno-9 : 10 (XL) (Warren).



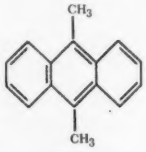
(XXXVII)
Dimetileno-5 : 10-ciclopentenoantraceno-1 : 2



(XXXVIII)
Δ^3-Deshidro-trimetileno-3 : 4-isobenzantraceno-2

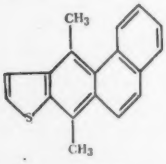


(XXXIX)
Dibencefluoreno-1 : 2 : 5 : 6

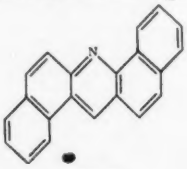


(XL)
Dimetilantraceno-9 : 10

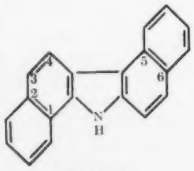
Ni tampoco está la actividad restringida a los hidrocarburos, pues se encuentra en un compuesto conteniendo azufre (XLI) (Sandin y Fieser) y en análogos nitrogenados como las dibenzacridinas y las dibenzocarbazolas (por ejemplo, la XLII y la XLIII). Boyland concentró su atención sobre la dibenzocarbazola-3 : 4 : 5 : 6 a causa de su posible formación de la naftilamina-β, uno de los productos intermedios que se consideraban causantes del cáncer de vejiga en los obreros de la tintorería y del que ahora se sabe, por ensayos con los perros, que puede inducir esta enfermedad experimentalmente (Hueper, Bonser).



(XLI)
Dimetil-4 : 9-benzotiofantreno-5 : 6



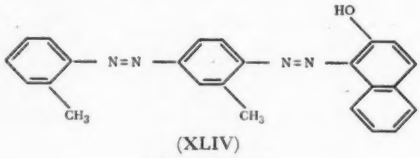
(XLII)
Dibenzacridina-1 : 2 : 5 : 6



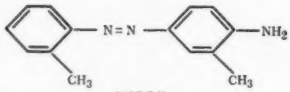
(XLIII)
Dibenzocarbazola-1 : 2 : 5 : 6

El substituyente es también susceptible de variaciones compatibles con la actividad, de lo que son ejemplo muchos compuestos con grupos que contienen oxígeno, nitrógeno y halógeno, la mayor parte en las posiciones 10, 9 y 5 del benzantraceno-1 : 2.

La potencialidad carcinogénica no está limitada de ningún modo a los compuestos policíclicos. Se tienen ejemplos de excepción en dos medicamentos de *estiril quinolina trypanocidal* (Browning) y en los elementos radiactivos con sus sales. Pero la gran mayoría de estos casos de excepción pertenecen a la clase de *compuestos azoados*. Ya en 1906, B. Fischer había dado cuenta de la proliferación epitelial que sigue a la inyección del rojo escarlata (XLIV). Unos años más tarde, Hayward encontró que la parte activa de la molécula del rojo escarlata estaba representada por el amino-4′-azotolueno-2 : 3′ (XLV).



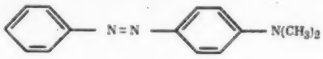
(XLIV)
« Rojo escarlata »



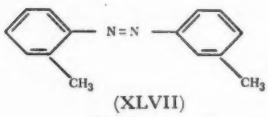
(XLV)
Amino-4′-azotolueno-2 : 3′

Pero pocos fueron los adelantos conseguidos antes del estudio en gran escala hecho por Yoshida (1931), en el que fué observado que el amino-4′-azotolueno-2 : 3′ producía proliferacíon del tejido hepático en los ratones y tumores del hígado en las ratas.

Posteriormente, Kinosita estudió la acción de otros derivados del azobenceno y encontró que un isomero del aminoazotolueno [*p*-dimetilamino-azobenceno (XLVI)] era de gran actividad en la producción de tumores del hígado. Esta substancia, con el amino-4′-azotolueno-2 : 3′ y el



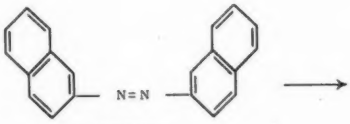
(XLVI)
p-*Dimetilaminoazobenceno*



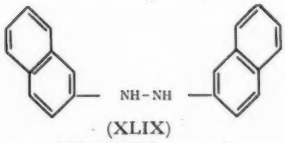
(XLVII)
Azotolueno-2 : 3′

azotolueno-2 : 3′ (XLVII), es también capaz de producir neoformaciones del tejido conjuntivo.

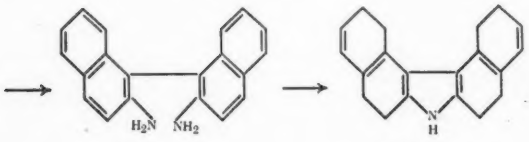
Para otros intentos en producir cáncer de vejiga, Cook, Hewett y Kennaway eligieron los tres *azonaftalenos*, basándose en la hipótesis de que éstos pudieran resultar de la oxidación de las naftilaminas y de este modo hallarse presentes en las bases crudas que constituyen un factor en la producción de la enfermedad debida a la profesión en los obreros químicos. No se obtuvo tumor alguno de vejiga, pero en el hígado de los ratones resultaron, del tratamiento con azonaftaleno-2 : 2′, (XLVIII), cambios semejantes a los inducidos por los derivados del azobenceno. Los compuestos azoados pueden ser reducidos a aminas pasando por el hidrazo-compuesto (por ejemplo, el XLIX), y puesto que éste es susceptible de redistribución interna se hicieron pruebas con el compuesto que podía esperarse por este medio, es decir: el diamino-2 : 2′-dinaftil-1 : 1′ (L).



(XLVIII)
Azonaftaleno-2 : 2′



(XLIX)
Hidrazonaftaleno-2 : 2′



(L) *Diamino-2 : 2′-dinaftil-1 : 1′*

(LI) *Dibenzocarbazola-3 : 4 : 5 : 6*

Este inducía tumores de hígado con mayor facilidad aún que el azonaftaleno-2 : 2′; un hallazgo de importancia, puesto que el diaminodinaftil sufre fácilmente la desaminación para pasar a dibenzocarbazola-3 : 4 : 5 : 6 (LI), la que a su vez produce tumores de hígado, así como cáncer de piel y tumores malignos del tejido conjuntivo, en los ratones. Estas relaciones son evidentemente compatibles con la sugerencia hecha de que el azonaftaleno-2 : 2′ no es intrínsecamente carcinogénico, sino que actúa por transformación en dibenzocarbazola; ellas, así, proporcionan alguna indicación de una notable conexión entre las substancias carcinogénicas de la clase azoada y los compuestos policíclicos.

Los carcinógenos son notables entre los agentes químicos por producir una transformación permanente en las propiedades de crecimiento de las células. La característica principal del nuevo tipo de célula es su mayor *autonomía*, la cual se manifiesta por el crecimiento y el poder de invasión, independientemente por igual de la presencia ulterior del carcinógeno y de las necesidades del organismo como un todo. ¿Cómo se produce el cambio? De los resultados acumulados hasta el presente, la influencia esencial ejercida por el carcinógeno se manifiesta en la restricción del crecimiento normal de la célula. La perturbación es característica en que no parece posible que haya escape alguno o adaptación fácil a ella. A la larga, sin embargo, la respuesta biológica tiene lugar, pero no como una adaptación paulatina, sino en forma más bien de una discontinuidad relativamente brusca que permite a la célula lograr independencia en un medio todavía inapropiado para la forma normal. Una vez producida, el desarrollo de la nueva cepa de células continúa indefinidamente tanto en el animal de origen como al ser trasplantada a una serie de animales sanos, en los que se desarrolla conforme a su nueva constitución y continúa manifestando un grado asombroso de constancia e individualidad. En cuanto a la naturaleza genética del cambio, mucho queda todavía por resolver. Cualquiera que sea lo que resulte, no puede caber duda del carácter fundamental de estos problemas, cuyo interés se extiende más allá del campo de la medicina. Hay, no obstante, necesidad de integrar de una manera más efectiva la cuestión con la biología como un todo. Cuando esto haya sido efectuado, la principal contribución de tales estudios a nuestros conocimientos podrá todavía verse en la luz que arrojen sobre el crecimiento y la variación en general de la célula.

La tensión superficial y su medida

ALLAN FERGUSON

En la literatura concerniente a la tensión superficial existen muchas lagunas. Hay, por ejemplo, verdadera falta de medidas sistemáticas de la relación entre la tensión superficial y la temperatura para las series homólogas orgánicas, no obstante la importancia teórica y práctica de estos datos. El Profesor Ferguson hace ver que es posible hacer determinaciones de precisión con aparatos muy simples.

Que la superficie de separación entre un líquido y un gas (o la superficie que separa dos líquidos no miscibles) se comporta como si estuviera en un estado de tensión es cosa que puede deducirse de la observación diaria; a saber, la forma esférica de las gotas de lluvia o de los pequeños glóbulos de mercurio, en los cuales el «aplanamiento» debido a la gravedad, que depende del volumen, es desapreciable comparado con los efectos de superficie. Si admitimos que entre las moléculas actúan fuerzas muy grandes cuando están muy próximas, pero disminuyendo rápidamente con el aumento de la distancia, podemos imaginar trazada alrededor de una molécula cualquiera en un líquido una *esfera de atracción molecular*, tal que las moléculas dentro de la esfera ejercen fuerzas sensibles sobre la molécula del centro, mientras que las que quedan fuera no actúan de una manera apreciable sobre esta. Es, pues, evidente que para una molécula situada bien en el interior de un líquido, la resultante de las fuerzas de atracción de sus vecinas es nula. Pero si la molécula se halla en la superficie líquida o a una distancia de esta menor que el radio de la esfera de atracción molecular, habrá una resultante hacia el interior, perpendicular a la superficie. De aquí resulta que para llevar nuevas moléculas a la superficie — esto es, para extender la superficie — es necesario realizar trabajo, y *en este sentido* la superficie se comporta como una membrana elástica estirada y tiende a contraerse. La analogía no debe ser llevada demasiado lejos, pues la imagen de un líquido como si estuviera rodeado por una película elástica es una ficción que, en ciertos casos, puede resultar perjudicial.

Nosotros suponemos, por tanto, que a través de un elemento de longitud ds en la superficie de un líquido se ejerce una fuerza igual γds, perpendicular al elemento y situada en el plano tangente a la superficie; si esta es la superficie que separa el líquido del aire o de su vapor saturado, γ es denominada *la* tensión superficial del líquido.

Una simple aplicación de la teoría, o la apelación a la experiencia directa, hace ver que cuando un líquido y un sólido se ponen en contacto, lo hacen formando un ángulo definido, que puede ser agudo u obtuso. Para muchos líquidos en contacto con el vidrio este ángulo es cero.

Por otra parte, sobre el lado cóncavo de una superficie contráctil tiene que haber un exceso positivo de presión, el cual puede demostrarse que es igual a $\gamma(1/R_1 + 1/R_2)$, donde R_1 y R_2 son los radios de curvatura principales en el punto en que tiene lugar el exceso de presión. Si la superficie es parte de una esfera, $R_1 = R_2 = R$, con lo que el exceso de presión se convierte en $2\gamma/R$. En el caso particular en que la superficie es plana, $R_1 = R_2 = \infty$ y el exceso de presión es cero.

Teniendo esto en cuenta, es fácil ver por qué, y hasta qué altura, un líquido cuyo ángulo de contacto con el vidrio es agudo o cero se eleva en un tubo capilar abierto mantenido verticalmente con uno de sus extremos sumergido en el líquido contenido en un recipiente.

El caso representado en la figura 1 (*a*) corresponde a una posición imposible de equilibrio, pues el líquido dentro del tubo capilar forma con el vidrio un ángulo constante α, lo que impone sobre el líquido en el interior del tubo una curvatura que sería esférica si el diámetro de éste fuera suficientemente pequeño. Ahora bien, puesto que la superficie del líquido en C es plana se tiene:

Presión en C = Presión en B = Presión en A
= Presión atmosférica.

Más por ser cóncavo el menisco en el interior del tubo, la presión en A excede a la presión en D en la cantidad $2\gamma/R$; de suerte que se tendrían dos puntos, D y C, al mismo nivel y a presiones diferentes en un líquido homogéneo. Como esto es imposible, el líquido tiene que elevarse hasta una altura h [figura 1 (*b*)], suficiente para producir una presión ($g\rho h$) que lleva la presión en D al

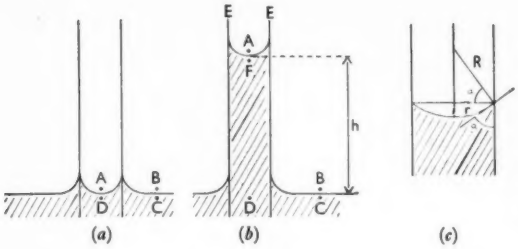


FIGURA 1

valor de la atmosférica. Igualando estas expresiones para el exceso de presión, se tiene:

$$2\gamma/R = g\rho h, \text{ o } \gamma = Rh\rho g/2$$

Si el ángulo de contacto es α y r el radio del tubo, obtenemos de la figura 1 (*c*):

$$r = R \cos \alpha, \text{ y } \gamma = rh\rho g/2 \cos \alpha$$

Si el líquido moja al tubo, $\alpha = 0$, obteniéndose el resultado bien conocido

$$\gamma = rh\rho g/2.$$

Todo este es bien evidente, pero sirve para hacer ver que en la práctica de los experimentos concernientes a las elevaciones capilares, las dos cantidades que se miden son un exceso de presión ($g\rho h$) y una curvatura ($2/R$), el cociente de las cuales determina la tensión superficial. La necesidad de medir la densidad del líquido sometido a estudio resulta del hecho que el líquido actúa *como su propio manómetro*. Por tanto, si el exceso de presión se mide por algún otro método, como, por ejemplo, mediante la aplicación de una presión al extremo superior del tubo (EE) que obligue a descender el menisco hasta ocupar la posición representada en la figura 1 (*a*), es posible medir la presión necesitada con un manómetro independiente (y posiblemente más sensible), con lo que ya no es necesario el conocimiento de la densidad del líquido. Apliquemos estos principios a un problema concreto. Dada una pequeña cantidad de un líquido, ¿es posible determinar con precisión su tensión superficial? La figura 2 representa un aparato de forma sencilla mediante el cual es posible hacer estas medidas de una manera fácil y rápida. La figura se explica más o menos por sí misma. El vaso de presión y el manómetro a la derecha del esquema están conectados a un tubo capilar *horizontal* de paredes gruesas, de un milímetro aproximadamente de diámetro, el cual aparece en escala agrandada a la izquierda. El extremo de este tubo ha sido pulido hasta tener una superficie transversal perfectamente plana y mate. Si el líquido sometido a ensayo se introduce en el tubo y se levanta el vaso de presión de la derecha, se puede obligar al cilindrito de líquido a desplazarse a lo largo del tubo capilar hasta que el menisco en el extremo abierto sea exactamente *plano*. Es posible conocer con precisión que este estado ha sido alcanzado si, por medio de un microscopio ordinario o de una lente, se observa la iluminación producida en el menisco por una lámpara de 6 voltios. En la figura 3 de (*b*) a (*f*), aparece una serie de fotografías del extremo del

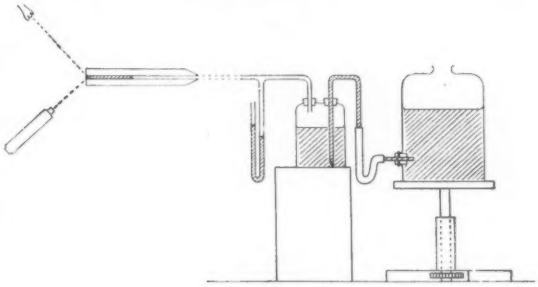


FIGURA 2

capilar: (*b*) y (*c*) corresponden a meniscos cóncavos, (*e*) y (*f*) a meniscos convexos, y (*d*) se refiere a la posición plana, en la que el menisco aparece uniformemente iluminado. Las presiones correspondientes, determinadas con un manómetro de anilina, están contenidas en la tabla 1.

TABLA I

Fotografía	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
Presión (cm. de anilina)	2,689	2,836	2,887	2,955	3,108

No hay que pensar que esta gradación de las presiones constituye representación alguna de la finura del ajuste, el cual es muy preciso y está muy bien definido. Las presiones interiores son mostradas a intervalos de 0,5 mm. con el fin de hacer ver más claramente en las fotografías la marcha de los fenómenos observados. Es evidente que el diámetro del capilar tiene que ser pequeño, para asegurar que no se produzca deformación gravitacional de importancia en el menisco; esto es, para lograr que el menisco pueda ser considerado como un segmento esférico. Esta cuestión ha sido minuciosamente investigada (Ferguson y Kennedy, 1932), y ha quedado demostrado que es posible emplear tubos hasta de 1 mm. de diámetro con seguridad de éxito. Resulta claro de la figura 4, en la cual aparece el capilar horizontal con el cilindrito de líquido presentando un menisco plano en el extremo abierto del tubo, que las presiones en D, C y B son todas iguales e iguales a la presión atmosférica; que la presión en A

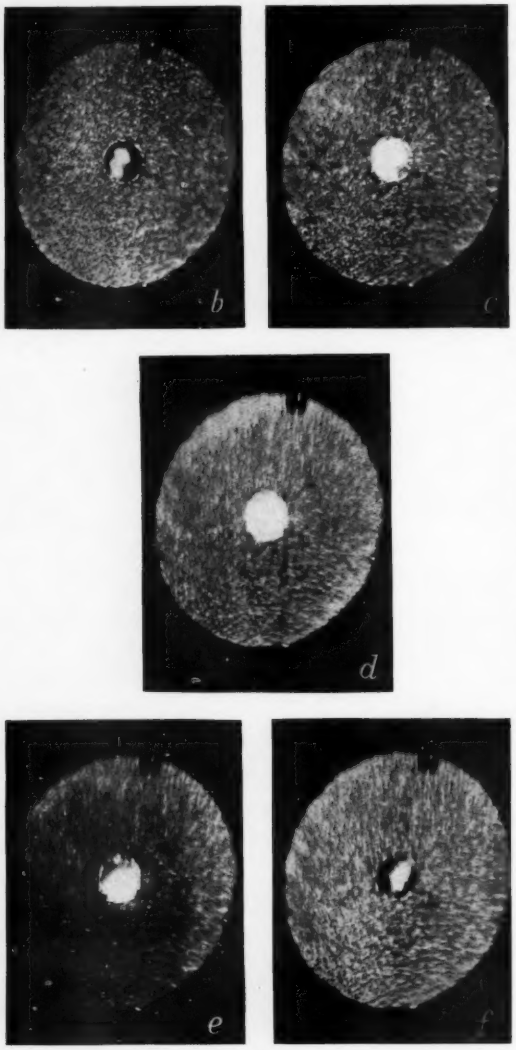


FIGURA 3

excede, por consiguiente, a la atmosférica en $2\gamma/r$, donde r será el radio del tubo, si suponemos que el ángulo de contacto es cero, puesto que entonces el menisco será semiesférico. Pero (*véase* la figura 2) es también claro que la presión en A excede a la atmosférica en $g\rho h$, donde h es la diferencia de nivel dada por el manómetro y ρ la densidad del líquido de este. De aquí resulta

$$2\gamma/r = g\rho h \text{ o } \gamma = rh\rho g/2.$$

Nosotros hemos supuesto un ángulo de contacto nulo y, en efecto, las investigaciones han demostrado que para muchos líquidos orgánicos el ángulo de contacto con el vidrio es cero. En el artículo de las *International Critical Tables* (1938)

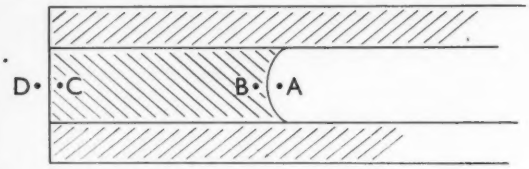


FIGURA 4

pertinente a esta cuestión se da la lista de un pequeño número de líquidos para los cuales esto ha sido probado directamente, y se añade a continuación: « Que α para el contacto líquido-vidrio es cero . . . en el caso de otro centenar de líquidos aproximadamente, aparece indicado por los datos utilizados para formar estas tablas ».

Tiene importancia el poder hacer medidas de la variación de la tensión superficial con la temperatura, y un dispositivo conveniente para lograrlo es el de la figura 5. Esta representa una estufa constituída por un tubo de latón de 10 cm. de largo y 3 cm. de diámetro sobre el cual se ha hecho un enrollamiento de hilo de nicróm. La estufa estaba cerrada con tapones taladrados para dar paso al capilar horizontal, los dos extremos del cual quedaban fuera. Las temperaturas eran determinadas con una pila termoeléctrica. Para las medidas en el intervalo de temperaturas de 15° a 70° C. ésta fué la disposición adoptada, pero cuando se trataba de substancias que se funden a temperaturas relativamente altas (100° C., por ejemplo), el extremo abierto del capilar estaba contenido dentro de la estufa y el extremo correspondiente de ésta permanecía cerrado con una lámina de vídrio óptico, a través de la cual podía observarse de una manera conveniente el aplanamiento del menisco en el extremo del capilar.

Y ahora que ha sido descrito un aparato practicable y sencillo podemos preguntarnos: ¿Qué resultados se han obtenido con su empleo y qué nuevos resultados son los que sería provechoso encontrar?

En primer lugar, puede decirse inmediatamente que, a pesar de los miles de medidas que han sido hechas, existen muchas lagunas en la literatura, y que muchas de las medidas que aparecen en las tablas tienen poco valor, por no ser otra cosa que

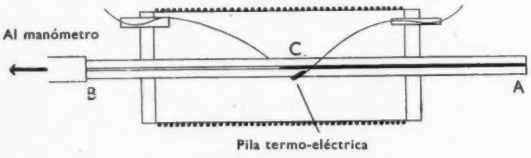


FIGURA 5

registros de medidas hechas a una o dos temperaturas con substancias aisladas o sin relación entre ellas. Cualquiera que emprenda la medida de la relación entre la tensión superficial y la temperatura para los miembros de una serie homóloga de compuestos orgánicos cuidadosamente purificados, proporcionará datos de gran valor práctico y teórico.

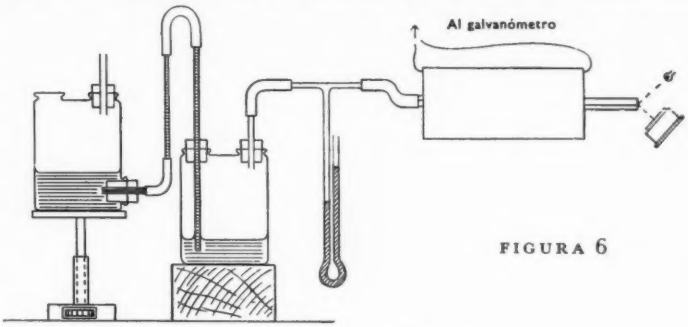


FIGURA 6

Puede indicarse aquí que el hábito de representar los resultados correspondientes a las relaciones entre la tensión superficial y la temperatura por una fórmula del tipo $\gamma = \gamma_0 \ (1 - at)$ debe ser desechado. La fórmula no permite la extrapolación. Recordando que la tensión superficial desaparece a la temperatura crítica, se ve que si una fórmula semejante fuera válida, $t_c = 1/a$ y, sin embargo, los valores de t_c calculados de esta manera son groseramente erróneos. van der Waals (1894) propuso una fórmula del tipo $\gamma = \gamma_0 \ (1 - bt)^n$, la cual pasó desapercibida y fué propuesta de nuevo independientemente por el autor de este artículo (Ferguson, 1916). Esta fórmula, que es válida solamente para líquidos no asociados, expresa la relación entre la tensión superficial y la temperatura en toda la extensión del estado líquido, desde el punto de solidificación hasta la temperatura crítica. En primera aproximación, el valor de n es el mismo para todos los líquidos, pudiendo tomársele igual a 1,2. Si se desea mayor precisión hay que tomar en cuenta las pequeñas variaciones de n de un líquido a otro. Si la ecuación se escribe en la forma $\gamma = \gamma_0 \ (1 - b\theta)^n$, donde θ significa la temperatura absoluta (t es la temperatura centigrada), entonces γ_0 representa la energía superficial libre del líquido en subfusión al cero absoluto y constituye una constante importante del líquido. La variación de su valor para los diferentes miembros de una seria homóloga es una propiedad cuyo estudio requiere investigación. La cantidad b en cada fórmula es, con gran aproximación, la inversa de la temperatura crítica, siendo posible determinar esta temperatura para un líquido aislado a partir de las determinaciones de su tensión superficial hechas entre límites relativamente próximos de temperatura, despues de determinar las constantes γ_0, b y n en las fórmulas que acaban de citarse. La aproximación con la cual la temperatura crítica está representada por $1/b$ aparece en la tabla 2:

TABLA 2

Substancia	n	b	$t_c = \frac{1}{b}$	t_c–obs.	Dif.
			°	°	°
Eter	1,248	0,005155	194	193,8	+0,2
Benceno	1,218	0,003472	288	288,5	−0,5
Clorobenceno	1,203	0,002793	358	359,2	−1,2
Tetracloruro de carbono	1,206	0,003553	281,5	283,1	−1,6
Formiato de metilo ..	1,210	0,004695	213	214,0	−1,0
Acetato de metilo ..	1,200	0,004274	234	233,7	+0,3
Propanoato de metilo ..	1,202	0,003891	257	257,4	−0,4
Butirato de metilo ..	1,195	0,003559	281	281,3	−0,3
Isobutirato de metilo ..	1,228	0,003731	268	267,6	+0,4
Formiato de etilo ..	1,187	0,004255	235	235,3	−0,3
Acetato de etilo ..	1,217	0,003984	251	250,1	+0,9
Propanoato de etilo ..	1,192	0,003663	273	272,9	+0,1
Formiato de propilo ..	1,231	0,003774	265	264,9	+0,1
Acetato de propilo ..	1,204	0,003623	276	276,2	−0,2

Valor medio de $n = 1,210$.

Para líquidos asociados no sirve ninguna de estas fórmulas, siendo difícil indicar una que sea susceptible de extrapolación. La casa *Imperial Chemical Industries* tuvo la amabilidad de proporcionar al escritor, hace algún tiempo, una cierta cantidad de agua pesada del 99,2 por ciento de pureza, con el objeto de determinar su calor específico, habiéndose aprovechado para medir también su tensión superficial (Cockett y Ferguson, 1939). Algunos experimentadores anteriores habían dado para la tensión superficial del óxido de deuterio a 20° C. el valor de 67,8 dinas por centímetro, muy bajo frente a las 72,8 dinas por centímetro para la tensión superficial del agua ordinaria a la misma temperatura. Otros observadores no habían encontrado ninguna diferencia apreciable entre las tensiones superficiales del agua ordinaria y del agua pesada. El problema fué investigado por medio de los aparatos representados en la figura 6. Los resultados obtenidos pueden resumirse en ecuaciones de la forma $\gamma = A - Bt^n$, donde, para el agua ordinaria, $A = 75,23$, $B = 0,0667$, $n = 1,20$; para el agua pesada, $A = 74,64$, $B = 0,1082$, $n = 1,10$. Los resultados obtenidos, y el acuerdo entre los valores observados y calculados, aparecen en la tabla 3. La figura 7, que muestra también

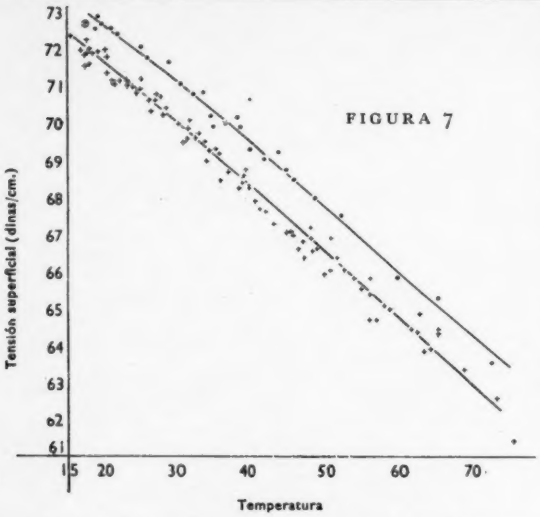


FIGURA 7

el apartamiento entre las observaciones, hace ver las diferencias gráficamente.

TABLA 3

Agua pesada				Agua ordinaria			
t	γ obs.	γ calc.	Dif.	t	γ obs.	γ calc.	Dif.
° C.				° C.			
12,1	72,88	72,96	− 0,08	17,3	72,84	73,19	− 0,35
15,2	72,40	72,48	− 0.08	20,4	72,75	72,74	+ 0.01
20,1	71,97	71,70	+ 0,27	22,5	71,94	71,98	− 0.04
24,0	71,50	71,07	− 0,02	28,6	71,86	71,50	+ 0.36
30,1	70,17	70,06	+ 0,11	30,1	71,20	71,27	− 0,07
35,0	69,51	69,24	+ 0,27	34,5	70,35	70,56	− 0,21
39,5	68,44	68,47	− 0,03	38,4	70,07	69,92	+ 0,15
45,0	67,22	67,51	− 0,29	44,6	68,86	68,88	− 0,02
50,8	66,18	66,50	− 0,32	50,0	68,13	67,94	+ 0,19
55,0	65,63	65,75	− 0,12	60,2	65,93	66,11	− 0,18
61,9	64,54	65,52	+ 0,02	65,7	65,39	65,11	+ 0,28
64,5	63,99	64,05	− 0,06	73,1	63,60	63,99	0,39
69,0	63,37	63,24	+ 0,13				
73,5	62,66	62,42	+ 0,24				

Ya hemos dicho que para las substancias que se funden a temperaturas relativamente altas, la disposición de la estufa y del tubo tiene que ser modificada en la forma representada en la figura 8. Esta disposición ha sido empleada (Ferguson y Kennedy, 1938) para estudiar las interesantes variaciones de la tensión superficial con la temperatura que se presentan en el caso de los cristales líquidos: substancias que se funden para dar lugar a líquidos birrefringentes, los que por un nuevo calentamiento pierden la propiedad de la doble refracción a una temperatura definida de transición. Estas substancias son la anisaldacina, el *p*-azoxianisol y el *p*-azoxifenetol, todas las cuales han sido investigadas. La curva correspondiente al *p*-azoxianisol es la de la figura 9. La temperatura de transición es 135° C., pudiendo verse que en la proximidad de esta temperatura se produce un marcado aumento de tensión superficial con el aumento de temperatura. Este

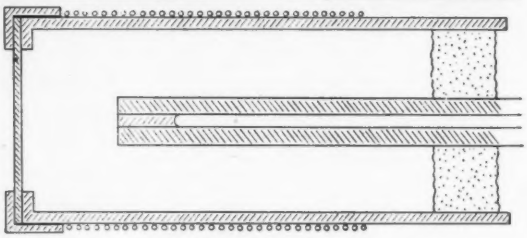


FIGURA 8

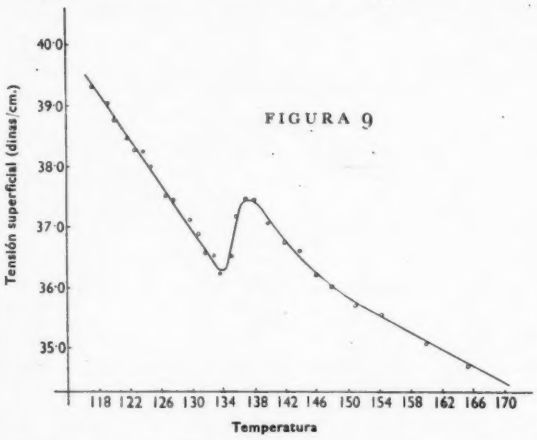


FIGURA 9

notable fenómeno lo presentan todos los cristales líquidos estudiados y pide su investigación teórica.

Las aplicaciones podrían ser multiplicadas *ad libitum;* pero este artículo habrá llenado su objeto si se ha conseguido demostrar la existencia de un amplio campo de investigación en el cual pueden ser obtenidos resultados de la mayor utilidad con el empleo de aparatos y técnicas relativamente simples.

BIBLIOGRAFIA

COCKETT y FERGUSON. *Phil. Mag.*, 1939, **27**, (7), 685.
FERGUSON. *Phil. Mag.*, 1916, **31**, (6), 37.
FERGUSON y KENNEDY. *Proc. Phys. Soc.*, 1932, **44**, 511.
Idem. Phil. Mag., 1938, **26**, (7), 41.
International Critical Tables, 1938, **4**, 434.
VAN DER WAALS. *Z. phys. Chem.*, 1894, **13**, 716.

Revistas de libros

ESTADO ACTUAL DE LA TEORIA DE LA EVOLUCION

Evolution: the Modern Synthesis, *por J. S. Huxley.*, *Pág.* 645. *George Allen & Unwin Limited, Londres*, 1942. 25*s*.

Se trata de un libro muy importante; importante por ser exactamente lo que pretende su autor: una relación sintética del criterio moderno sobre el más importante de los problemas biológicos. Hasta hace unos veinte años, nuestro conocimiento de los procesos fundamentales de la evolución era casi el mismo que se tenía en los tiempos de Darwin. El único «avance» había girado alrededor de la importancia concedida a la verdad en parte de la discontinuidad en la variación y la aplicación teórica de un mendelismo supersimplificado. Las verdaderas consecuencias de los nuevos conocimientos que se tienen sobre la herencia fueron vislumbrados, quizá primeramente, por Tchetverikov, quien indicó que también en las poblaciones animales las máximas potencialidades no aparecen directamente en la superficie, sino que pueden existir ocultas, en una forma recóndita, durante muchas generaciones, hasta que algún cambio en las circunstancias las hace cobrar un carácter ventajoso y se extienden por toda la especie. Este criterio ha dado lugar a dos sistemas de investigaciones: las de índole teórica realizadas por Fisher, Haldane y Wright, y las de índole práctica de las poblaciones naturales hechas por Dobzhansky, Timoféef-Ressovsky, Dubinin, Gordon y otros. Entre tanto, ciertos genetistas como Stern y Muller se hallaban desarrollando la idea del «medio genotípico» y de la acción recíproca entre los genes; la parte de sus ideas relacionada con la evolución fué introducida por Fisher y Wright en su tratamiento de la selección natural por procedimientos matemáticos. Otro elemento a tener en cuenta procede de las investigaciones hechas por los naturalistas en la variación geográfica de los animales.

Vemos, pues, que en los últimos veinte años se han abierto varios nuevos caminos, habiéndose dado los primeros pasos por cada uno de ellos. Huxley, con su vasta cultura y gran poder de penetración en la verdadera naturaleza de los progresos, acumula en el cuadro de su síntesis una colección de hechos más rica que la que se halla en el otro libro en inglés: *Genetics and the Origin of Species* de Dobzhansky y único que puede compararse con él. Ha sido muy afortunado en el modo de presentar los datos sistemáticos y ecológicos, que frecuentemente son poco conocidos por los genetistas. Y no sólo tiene el autor mucho que decir respecto a descubrimientos pasados, sino que deja abiertas muchas ventanas hacia el futuro. Pero ésta no es más que la primera cosecha que se recoge de los campos mencionados anteriormente. Y existen campos que han sido explorados todavía más recientemente: los problemas, examinados por Darlington, de la evolución de los propios sistemas genésicos; y el antiguo problema, ahora más accesible, de las limitaciones impuestas por el sistema de desarrollo sobre las desviaciones del tipo normal disponibles para la evolución, que ha constituído el tema de un libro publicado por Goldschmidt. El libro de Huxley es algo más que una síntesis en el sentido químico que supone el alcance de un objetivo determinado; la unidad que se registra en él es una etapa en el desarrollo de conocimientos que cada vez se hacen más profundos.

C. H. WADDINGTON

INVASORES ANIMALES

Voles, Mice and Lemmings, *por Charles Elton. Pág.* 496. *The Clarendon Press, Oxford*, 1942. 30*s*.

Las plagas abrumadoras de ratas terrestres y las hordas devoradoras de ratas de mar emigrantes, han sido fenómenos que han impresionado a los observadores de los tiempos más remotos de la historia. Con frecuencia han producido la ruina de los labradores e incluso han hecho que se ocupen de este problema los gobiernos.

Se ha supuesto con demasiada frecuencia en los tiempos pasados que estas poderosas pulsaciones de la naturaleza eran «antinaturales». En este libro, esos aluviones prolíficos se colocan en su verdadera perspectiva, estimándolos como el aumento y descenso normal de las poblaciones animales, especialmente de las roedoras. Las fluctuaciones periódicas en el número de estos pequeños herbívoros tienen un efecto inevitable sobre la abundancia o escasez de muchos animales de presa que, directa o indirectamente, se benefician de ellos.

La Parte I está dedicada a la historia de las plagas de ratas en la Europa Central y de los medios utilizados para combatirlas. La Parte II trata de las fluctuaciones de roedores en la Europa del noroeste. En esta sección se incluyen también dos capítulos sobre los nuevos métodos ideados en Oxford para estudiar la densidad de las poblaciones roedoras. Puede decirse que estas dos partes ilustran de una manera gráfica sobre el modo en que la ecología animal, como ciencia exacta, está independizándose de la historia natural.

Las Partes III y IV contienen el rasgo más curioso de este libro: el análisis detallado de los ciclos de vida de los animales salvajes en el Labrador y Ungava, sacado de datos hasta ahora inéditos procedentes de los archivos comerciales de las Misiones Moravas y de la Compañía de la Bahía de Hudson. Las oscilaciones periódicas, cuya existencia en las ratas de Oxford había sido demostrada experimentalmente, se acusan con una claridad asombrosa en algunos animales de presa del Labrador, los cuales, a su vez, se probó que dependían de ciclos de roedores. Es particularmente digno de notarse el ciclo cuatrienal de abundancia de los zorros del Labrador y los métodos ingeniosos usados por Mr Elton para mostrar que los beneficios obtenidos en la venta de pieles constituyen un índice seguro de la densidad de población.

El problema de punto de partida, en cuanto a la causa de estas prodigiosas fluctuaciones en el número de los roedores, queda parcialmente sin resolver, pero se examinan algunos métodos de investigación prometedores.

No es posible citar la riqueza de datos acumulados en este libro, ni es posible dar idea del estilo tan ameno en que está escrito, animado, además, por incluir el autor muchas observaciones y descripciones contemporáneas.

A. D. LEES

LOS EXPLOSIVOS AL ALCANCE DE TODOS

Explosives: Tells of explosives, their magical creation, their fierce energy, their sudden disruption, their history and romance, and their uses in peace and war, *por John Read. Pelican Series*, 1942. 9*d*.

En este libro de la Colección Pelican, dedicado a explosivos, el Profesor Read ha encontrado un gran campo de acción para su talento como dramaturgo, profesor, químico e historiador. Desarrolla el tema de la energía solar, la cual, convertida en energía orgánica

en las hojas de las plantas, es transformada en explosivos por medio de diversas artes descubiertas por el hombre. En su sabiduría, la Naturaleza « se ha abstenido de incluir en su pródiga abundancia substancia química alguna de naturaleza explosiva », pero el voluntarioso hijo de la naturaleza, como un « demonio de Maxwell », ha escogido aquellos cuerpos que pueden soltar su energía con una violencia catastrófica. El químico de orgánica, suministrando amortiguadores de átomos de nitrógeno, ha introducido el combustible y el mantenedor de la combustión en la misma molécula, lo que hace posible una rapidez de combustión que no tiene otro límite que el representado por la velocidad de las ondas elásticas. Derivados en su mayor parte de los hidratos de carbono, grasas y carbono, los cuerpos nitrados forman la principal clase de explosivos, pero raramente producen más del 50 por ciento de la energía utilizable en las substancias padres y el oxígeno atmosférico. De este modo, aunque las ligaduras químicas giman por los esfuerzos a que se las somete, el químico de orgánica tiene que ir todavía más allá.

El químico de inorgánica no ha estado ocioso, porque ha suministrado los elementos de « quinta columna » del mundo explosivo, azidas y fulminatos, empleados para poner en libertad la energía almacenada por el químico de orgánica. Puede recabar para sí la mayor parte de las bombas incendiarias e incluso el primero de todos los explosivos, si no fuera que la alquimia del siglo XIII no se había ramificado. Se cumplen ahora exactamente 700 años desde que Roger Bacon « hizo saber » la composición de la pólvora. Este aniversario está adecuadamente celebrado con un capítulo histórico sobre la pólvora.

Se trata de un libro que combina los elementos de un libro de texto y una novela. Es el relato novelesco de la química que no abruma con su terminología y método de formulación, por explicarse su contenido al lector con imágenes que le son familiares a través de su propia experiencia. Es oportuno y práctico en su aspecto general. No está limitado a la química de los explosivos, sino que describe e ilustra los métodos de manufactura y utilización. El técnico hallará en él hechos nuevos, y la Guardia Interior mucho que le explicará los misterios de las armas confiadas a su inexperiencia. Esta última puede incluso aprender los medios de aumentar su arsenal, aunque el autor ya les avisa de las consecuencias posiblemente fatales.

W. E. GARNER

CELULOSA

An Introduction to the Chemistry of Cellulose, *por J. T. Marsh y F. C. Wood. Pág. xv* + 512, *con* 24 *láminas y* 145 *figuras. Chapman & Hall Limited, Londres. Segunda edición*, 1942. 28*s*.

La química de la celulosa y de sus derivados constituye un estudio extenso y especializado. Es también un estudio en el que se han hecho progresos notables en los últimos años y que, completamente aparte de su importancia técnica, tiene un interés general para el químico de orgánica, el bioquímico y el biólogo. Por estas razones, la necesidad de una introducción autorizada al tema resulta evidente, y cuando fué publicado el libro por primera vez, en 1938, fué justamente celebrado. Los autores tienen un conocimiento probablemente sin rival de la química de la celulosa, pura y aplicada, y su familiaridad con la literatura afín corre desde la A a la Z, sin que aparezca una laguna en ella. Aunque el libro es descrito modestamente como una introducción, y aunque de hecho empieza por los mismos comienzos, todo lector que llegue a dominarlo habrá adquirido un conocimiento extenso de este campo de la ciencia. Un detalle agradable y valioso del libro es el estilo fácil en que está escrito. En esta nueva edición se han incluído los últimos progresos hechos en la química de la celulosa; aunque, en general, siga el plan de la edición original de 1938.

RADIO-COMUNICACION

Short-wave Wireless Communication, *por A. W. Ladner y C. R. Stoner. Pág.* 573. *Chapman & Hall Limited, Londres. Cuarta edición*, 1942. 35*s*.

Todo ingeniero y todo físico de radio-comunicación conoce el « Ladner y Stoner » en alguna de sus primeras ediciones, y, por esto, la publicación de una cuarta edición constituye para ellos algo de un grandísimo interés. El contenido está restringido al título de « radio-*comunicación* por medio de ondas cortas » en el sentido más estricto de las palabras, sin que se mencionen algunas de las más interesantes aplicaciones de la técnica de ondas cortas, tales como los auxilios a la navegación aérea y al aterrizaje en la obscuridad, la determinación de dirección y fijación de posición, y las antenas de televisión, ni siquiera en sus conocidos aspectos anteriores a la guerra. En el campo de la comunicación se advierte la ausencia de toda referencia a los interesantísimos sistemas de modulación de frecuencia que ahora se usan en América.

En general, el modo de tratar los problemas de circuito de los osciladores de alta potencia, moduladores y amplificadores, que ocupan gran parte del libro, es completo y satisfactorio; mientras lo referente a líneas de transmisión, antenas y propagación, aun siendo completo, resulta bastánte superficial, ya que es muy poco lo que en el libro se hace por explicar los principios físicos que constituyen el fundamento. Parece equivocada la descripción del receptor super-regenerador.

En resumen, puede decirse que el libro constituye una buena y, en conjunto, clara exposición del tema cuando se le considera desde el limitado punto de vista de la Compañía *Marconi Wireless Telegraph;* pero para el físico especializado en radio ese punto de vista es una limitación innecesaria del título « Radio-comunicación por medio de ondas cortas ».

J. A. RATCLIFFE

EL CIENTIFICO Y EL ESTADO

The Scientific Life, *por J. R. Baker. Pág.* 154. *George Allen & Unwin Limited, Londres.* 1942. 7*s*. 6*d*.

En este libro estimulante y provocativo, el Dr Baker arroja el guante a aquellos hombres de ciencia que no ocultan su admiración por el totalitarismo y querrían que la ciencia estuviese organizada bajo el control del Estado. Sabe demostrar, de un modo que la mayor parte de los lectores hallará convincente, que la ciencia florece más fácilmente en una atmósfera de libertad; que la mayor parte de los grandes descubrimientos científicos han sido hechos por individuos y no por equipos o grupos de trabajadores; y que con el pretexto de favorecerla se corre el peligro real de hacer que la ciencia llegue a quedar encadenada en una maquinaria burocrática. Pero el Dr Baker ha cometido el error táctico de insistir con exceso sobre una cuestión que no ofrece dudas, y de esta manera se expone innecesariamente a ser él mismo víctima de graves críticas en distintos puntos. Sin embargo, en general, el libro es oportuno y digno de una cordial acogida; el Dr Baker esgrime una fuerte lanza, y si algunas veces embiste a un molino de viento, quizá sea porque tenga razón para sospechar que se oculta algo detrás de él.